

Abteilung für Anaesthesiologie der Universitätskliniken Gießen
(Direktor: Prof. Dr. H. L'Allemand)

**DIE BEURTEILUNG VON NARKOSEVERFAHREN
DURCH DIE BLUTGASANALYSE**
Eine Studie in der geriatrischen Anaesthesie

Habilitationsschrift
zur Erlangung der Venia legendi
für das Fach Anaesthesiologie
an der Hohen Medizinischen Fakultät
der Justus Liebig-Universität
zu Gießen

vorgelegt von
Dr. Lutz Grabow

Gießen 1970

Abteilung für Anaesthesiologie der Universitätskliniken Gießen
(Direktor: Prof. Dr. H. L'Allemand)

DIE BEURTEILUNG VON NARKOSEVERFAHREN DURCH DIE BLUTGASANALYSE

Eine Studie in der geriatrischen Anaesthesie

Habilitationsschrift
zur Erlangung der Venia legendi
für das Fach Anaesthesiologie
an der Hohen Medizinischen Fakultät
der Justus Liebig-Universität
zu Gießen

vorgelegt von
Dr. Lutz Grabow

Gießen 1970



EINTEILUNG

- I. Einleitung; Problematik und Zielsetzung
- II. Methodische Möglichkeiten der Blutgasanalyse
 1. Eigene Methodik der Blutgasanalyse
 2. Die Elektroden
 - a) Die Platinelektrode für die pO_2 -Messung
 - b) Die pCO_2 -Elektrode
 - c) Die Glas-Elektrode für die pH-Bestimmung
 3. Die Bestimmung der Bikarbonatanteile aus den Messwerten
 4. Die Messinstrumente
- III. Der Untersuchungsgang
 1. Das Krankengut und seine Einteilung
 2. Die Einleitung und Steuerung der Narkose
 3. Die Blutentnahmetechnik
 4. Die statistische Auswertung der Messergebnisse
- IV. Ergebnisse
 1. Der Sauerstoffpartialdruck
 2. Der Kohlensäurepartialdruck
 3. Der pH-Wert
 4. Der Bikarbonatgehalt
- V. Besprechung der Ergebnisse
 1. Die Methodik der Gasanalyse
 2. Die Einteilung des Krankengutes und die Einreihung ihrer Messwerte
- VI. Schlussfolgerungen
- VII. Zusammenfassung
- VIII. Anhang
 1. Die Halothannarkose
 2. Die Neuroleptanalgesie
 3. Tabellarisches Material der statistischen Auswertung

IX. Literaturverzeichnis

X. Verzeichnis der gebrauchten Abkürzungen und Symbole

EINLEITUNG

Problematik und Zielsetzung

Eine große Zahl von Untersuchungen bestätigen der Halothannarkose wie der Neuroleptanalgesie ihre ausgezeichnete klinische Brauchbarkeit (Bremer Symposien über die Neuroleptanalgesie. Schriftenreihe: Scientific Publications: Halothane, herausgeg. von N. GREENE; BLACKWELL, Oxford 1968). Beide Anaesthesieverfahren stellen einen echten Fortschritt gegenüber den bis dahin angewandten Betäubungsmethoden dar (siehe Anhang).

Die Versuche vergleichender Prüfungen dieser beiden Verfahren zeitigten Ergebnisse, die z. T. recht stark von einander abweichen (GRABOW und L'ALLEMAND 1964; 1965; 1967, 1968; GRABOW 1966, 1970; SCHMIDT; GEMPERLE und GRÜNINGER, BÖHMERT und OSTEN; BUHR und HENSCHER; WIESINGER, HOSSLER und HUNZICKER; BARTH und L'ALLEMAND). Aus den Untersuchungsergebnissen ließen sich keine überzeugenden Argumente finden, die einen gezielten, planmäßigen Einsatz der Neuroleptanalgesie bzw. der Halothannarkose für die verschiedenen operativen Eingriffe gestattet hätten.

Bei der Durchsicht der zitierten Literatur fällt zweierlei auf. Zum einen wurde als methodische Grundlage für die verglei-

chenden Untersuchungen vielfach die Blutgasanalyse herangezogen, die sich jedoch ihrerseits in der Methodik bei den verschiedenen Untersuchungen von einander unterschied. Zum zweiten waren die miteinander verglichenen Patientenkollektive in sich und gegeneinander stark inhomogen. Diese unterschiedlichen Voraussetzungen lassen nur begrenzt bewertende Vergleiche zwischen der Halothannarkose und der Neuroleptanalgesie zu.

Die Blutgasanalyse rückte schon früh als methodische Grundlage für die Bearbeitung von anaesthesiologischen Fragen in den Vordergrund (ACHELIS; COLLIP; COLLIP and BACKUS; FOHL und EITEL; FUSS; FUSS und DERRA). Die Gasanalyse des Blutes deckt nicht nur respiratorische (DRIPPS und SEVE-RINGHAUS) Verschiebungen des Säurebasenhaushaltes auf, sondern auch die metabolische Einflußnahme, die durch die Narkose und die Operation verursacht wird (BUNKER). Die Blutgasanalyse stellt ein entscheidendes Mittel im anaesthesiologischen Rüstzeug dar.

Damit ist die Frage nach der methodischen Grundlage bei vergleichenden Untersuchungen verschiedener Betäubungsverfahren beantwortet. Die Problematik dabei ist, welche spezielle Modifikation der Methodik der Blutgasanalyse sich in der Klinik als am geeignetsten erweist, und wie das zu untersuchende Krankengut eingeteilt werden muß.

Die vorliegende Arbeit hat folgendes Ziel:

1. eine wissenschaftliche exakte und in der Routine der Klinik brauchbare Methodik der Blutgasanalyse zu erarbeiten, die

bei einheitlicher Anwendung, vergleichbare Messwerte bringt und eine Standardisierung des Untersuchungsablaufs ermöglicht.

2. die Einteilung in ein homogenes Krankengut vorzuschlagen, das seinerseits sehr hohe Ansprüche an die Güte eines Betäubungsverfahrens stellt.
3. blutgasanalytische Normalwerte von verschiedenen Narkoseverfahren zu erhalten, die als Bezugswerte herangezogen werden können und eine Zuordnung zum normalen oder komplizierten Verlauf erlauben.
4. die Frage nach der speziellen Indikation der Halothannarkose bzw. der Neuroleptanalgesie zu beantworten zu versuchen.

Vergleich der Messwertangabe des gleichen
Blutes zwischen Elektrodenanalyse und der
Ablesung über die Astrupmethode.
11 Patienten.

arteriell			Kapillarblut (Ohrläppchen)	
	Elektroden	Astrup - Methode	Elektroden	Astrup - Methode
pO ₂ mm Hg	84,5 ± 1,1	88,2 ± 3,6	91,3 ± 6,8	94,2 ± 5,2
pCO ₂ mm Hg	38,9 ± 0,8	41,0 ± 1,9	42,7 ± 4,2	43,5 ± 6,3
pH	7,412 ± 0,003	7,39 ± 0,01	7,379 ± 0,007	7,37 ± 0,01

Tab e l l e 1

II. Methodische Möglichkeiten der Blutgasanalyse

Bei der Suche nach dem für die genannten Absichten brauchbaren Verfahren für die Blutgasanalyse bietet sich als erstes natürlich das klassische manometrische Verfahren nach VAN SLYKE an (bzw. die gebräuchlichste Anwendung nach PETERS und VAN SLYKE). Mit dem "VAN SLYKE" wurden die prinzipiellen Grundlagen der Säurebasenregulation des Blutes und des respiratorischen Gasaustausches erarbeitet. Es ist auch heute noch eines der subtilsten Verfahren für blutgasanalytische Untersuchungen (ALBERS; BARTELS und Mitarbeiter; SEVERINGHAUS, BRADLEY und STUFFEL). Allerdings stellt es für den Analysengang an den Untersucher erhebliche Ansprüche und ist recht kompliziert. Die lange Analysenzeit und auch die z. T. große benötigte Blutmenge stehen ~~weder~~ den klinischen Routineuntersuchungen im Wege. Dieses Verfahren bleibt speziellen Laboratorien vorbehalten.

In der Klinik hat sich in den letzten Jahren für die Blutgasanalyse das indirekte Verfahren nach ASTRUP stark verbreitet und dürfte die derzeitige bevorzugte Methode sein. Die Messungen sind leicht und schnell zu erlernen und verführen zur Oberflächlichkeit. Übereinstimmende und reproduzierbare Ergebnisse, auch mit anderen Verfahren, liegen vor und lassen an der methodischen Exaktheit dieses Verfahrens keinen Zweifel (GLEICHMANN, LÜBBERS und RINGLER; LUNN und MAPLESON; ARNDT, BRINK, LÜBBERS und MAAS; ULMER, THEWS und REICHEL). Demgegenüber wird man jedoch in der täglichen Routine immer wieder eines anderen belehrt - man erhält divergierende Messwerte des Blutes der gleichen Patienten, parallel an zwei Messplätzen bestimmt.

Nachdem diese Beobachtung von mehreren Seiten immer wieder bestätigt wurde, wurden 11 Patienten systematisch auf der Intensivstation untersucht. Es wurden zwei verschiedene Entnahmetechniken des Blutes (a) Punktion der Fingerbeere oder Ohrfläppchens und Aufziehen des herausgetretenen Blutropfens in heparinisierte Kapillaren; b) Entnahme des Blutes aus intraarteriellen Verweilkathetern) und zwei verschiedene blutgasanalytische Verfahren gewählt (ASTRUP - Methode und Blutgasanalyse mithilfe direktmessender Elektroden). Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 wiedergegeben und sind doch recht abweichend voneinander. Statistisch signifikant abweichend ist allerdings nur der pO_2 -Wert zwischen arterieller und kapilla-

rer Ohrläppchenmessung, der auf Luftbeimengung zum aufgezogenen Blut schließen läßt. Auffällig ist weiter die sehr geringe Streuung der arteriellen Messwerte gegenüber allen anderen. Verantwortlich für diese Unterschiede sind mehrere Faktoren. Einmal ist das Problem Blutentnahme mithilfe von Kapillaren als ungenügend gelöst anzusehen. Am Krankenbett stehend, von einem operierten oder im Schock befindlichen Patienten mit schlechter peripherer Durchblutung aus dem Ohr-läppchen oder der Fingerbeere Blut unter exakten Kautelen in Kapillaren für die Gasanalyse aufzuziehen, kann außerordentlich schwierig sein und wird vom durchschnittlichen Personal nur ungenügend erreicht. Weitere Ursachen für Meßfehler sind häufig das ungenaue Eichen der pH-Elektrode und ihres Meßinstrumentes. Diese Fehlermöglichkeiten lassen die ASTRUP-sche Methode gegenüber anderen Verfahren etwas unsicher erscheinen. Das gilt zusätzlich für komplette Blutgasanalysen mit Angabe des pO_2 , die auch beim ASTRUPschen Apparat mithilfe einer direktanzeigenden Pt-Elektrode erfolgt, und die so eine Verquickung eines direkten mit einem indirekten Verfahren darstellt. Für exakte blutgasanalytische Untersuchungen in der Klinik ist das ASTRUPsche Verfahren nur mit Einschränkungen brauchbar.

Weiter eignen sich photometrische und gaschromographische Verfahren für die Blutgasanalyse. Sie fanden für Untersuchungen in der Klinik bislang wenig Verbreitung. Der apparative Aufwand ist sehr groß und kompliziert, so daß sie mit den gebräuchlichen Methoden kaum konkurrieren können und sich nur für Speziallaboratorien eignen.

Zu den bisher genannten Verfahren gesellt sich in letzter Zeit zunehmend die Blutgasanalyse mithilfe direktmessender Elektroden. Sie ist die einzige direkte Ablesungsmethode. Ihre Anwendung hat den Vorzug, die Gaspartialdrucke direkt anzuzeigen, dienen Gaswechsel im Blut oder Gewebe bestimmen. Diese Elektrodentechnik wurde durch die Arbeiten von CLARK und Mitarbeitern für die pO_2 -Bestimmung und von STOW und RANDALL und von GERTZ und LOESCHCKE für die pCO_2 -Messung möglich. Ihrerseits erfuhren diese prinzipiellen ersten Angaben entscheidende Verbesserungen durch SEVERINGHAUS und BRADLEY und von LÜBBERS und Mitarbeitern.

Das Prinzip der polarographischen Sauerstoffbestimmung besteht darin, daß durch Anlegen einer negativen Polarisierungsspannung an eine Edelmetallelektrode, meist Platin, etwa vorhandener Sauerstoff an der Kathode reduziert wird (HEYROVSKY; KOLTHOFF und LINGANE). Der so entstehende Reduktionsstrom ist proportional dem Sauerstoffdruck. Die Anordnung von Elektro-

den und Bezugselektroden in einem Schaft, hinter einer gasdurchlässigen Kunststoffmembran, über eine Elektrolytbrücke verbunden, (CLARKs Prinzip) war die entscheidende Verbesserung und machte erst die routinemäßige Anwendung möglich. GLEICHMANN und LÜBBERS brachten mit der stabilisierten Ganzglaselektrode eine weitere wesentliche Verbesserung.

Der pCO_2 -Bestimmung mit einer Elektrode liegt folgendes Prinzip zugrunde (STOW und RANDALL; GERTZ und LOESCHKE). Vor der wasserstoffionenempfindlichen Membran einer Glaselektrode wird eine flüssige Bikarbonatschicht hinter einer gasdurchlässigen Kunststoffmembran angeordnet. Im CO_2 -haltigen Milieu, gasförmig oder flüssig, diffundiert das Kohlendioxyd entsprechend seinem Partialdruck in diese Bikarbonatschicht oder aus ihr heraus. Damit ändert sich der pH-Wert der Bikarbonatschicht, der von der Glaselektrode elektrometrisch registriert wird. Die eingetretene Spannungsänderung ist eine direkte Funktion des pCO_2 des untersuchten Mediums. Es handelt sich also um eine speziell angewandte pH-Messung.

Der pH-Wert wird immer elektrometrisch bestimmt. Ursprünglich wurde der pH-Wert von SÖRENSEN als negativer, dekadischer Logarithmus der Wasserstoffionenkonzentration definiert. Damit mußte die pH-Messung eine Konzentrationsmessung sein. Die heute zur pH-Bestimmung in Anwendung gebrachten Verfahren sind jedoch kein Maß der analytischen Wasserstoffionenkonzentration, sondern vielmehr ist das elektrometrisch gemessene Potential abhängig von der Aktivität aller Reaktionsteilnehmer. Eine direkte Bestimmung der Aktivität von Einzelionen, die bei der praktischen pH-Messung gewünscht wird, ist methodisch nicht möglich. Strenggenommen stellt daher der elektrometrisch bestimmte pH-Wert nur eine Zahl dar, die wohl als Aziditätsmaß verwendet werden kann, eigentlich aber nur das Meßverfahren definiert ist (ROENNEFAHRT).

Man vergleicht mit einer Elektrodenkombination einen bekannten pH-Wert mit einer anderen Spannung. Die Genauigkeit der pH-Bestimmung ist daher stark von der Sorgfalt abhängig, mit der die Pufferlösungen, die Vergleichslösungen bekannten pH-Wertes, hergestellt und geeicht wurden.

II. 1. Eigene Methodik der Blutgasanalyse

Die Vorteile der Blutgasanalyse mithilfe von direktmessenden Elektroden - schnelle, direkte und reproduzierbare Anzeige des Gaspartialdruckes und des pH-Wertes im untersuchten Medium, zuverlässige Eichmöglichkeiten der Elektroden, geringer Blutbedarf für den Analysengang, waren gerade für die Anwendung in der Klinik und dort besonders im Operationssaal überzeugende Argumente. Die erwähnten Vorzüge konnten in der Klinik bislang wenig beachtet werden, da das übliche kommerzielle Angebot an Elektrodennessplätzen manches zu wünschen übrig ließ. Entweder sind die angebotenen Geräte reine Laboratoriumsapparate, kompliziert, häufig unübersichtlich und stör anfällig, oder sie sind robust und übersichtlich aufgebaut und für die Anwendung in der klinischen Routine gedacht. Letzteres wird aber dann mit dem Nachteil erkaufte, daß die Eichvorrichtung für die Elektroden stark vernachlässigt wurde, so daß die Meßwerte mit großer Fehlerbreite nur hinweisenden Wert besitzen. "Eichungen" mit einem oder zwei Eichpunkten sind nicht unbedenklich.

Daraus ergab sich die Notwendigkeit, einen Meßplatz zu konstruieren, der möglichst alle Vorteile auf sich vereinigt und evtl. im Kauf zu nehmende Nachteile irrelevant macht. Das hieß, in einem Analysengefäß alle drei Elektroden (pH-, pCO_2 - und pO_2 -Anzeige) anzuordnen, den Meßgang für kleine Blutmengen zu dimensionieren und Fremdgasbeimischungen zu vermeiden. Dementsprechend mußte dann der Meßgang gut zu reinigen und zu trocknen sein, die Elektroden stabil, stör unanfällig und leicht zugänglich untergebracht sein. Weitere Forderungen waren die Unterbringung des Elektrodengehäuses, der Anfeuchterflaschen

und Verteilerhähne thermostatisiert in einem Becken und höchstmögliche Zuverlässigkeit der Eichung der Elektroden.

Der Gebrauch von Glasgehäusen für die Unterbringung von Elektroden ist am vorteilhaftesten, für die hier gestellten Forderungen eignet sich es leider nicht wegen seiner Zerbrechlichkeit. Nachdem Versuche mit Glasgehäusen gescheitert waren, wurde ein Plexiglasblock gewählt. Die Löslichkeit von Sauerstoff und Kohlendioxyd in Plexiglas ist bekannt. Die Herstellerfirma konnte keine Angaben über die Größenanordnung des gelösten O_2 und CO_2 in einer gegebenen Menge Plexiglas pro Zeiteinheit machen, daher wurden eigene Untersuchungen angestellt. Dabei zeigte sich, daß sich innerhalb von 90 sec - Einstellzeit der pCO_2 -Elektrode - ein Meßfehler von - 1,0 mm Hg pCO_2 einstellt und von - 1,2 bis 1,5 mm Hg pO_2 . Dieser Meßfehler liegt innerhalb des statistischen Schwankungsbereichs der Methode und kann vernachlässigt werden. Diese Ergebnisse wurden reproduzierbar mithilfe von zwei verschiedenen Meßreihen erzielt. Einmal wurden die Gaspartialdrucke vor und hinter einem Plexiglasmeßgang bestimmt und zum anderen die Meßergebnisse, die mithilfe eines Plexiglasgehäuses und eines Glasgehäuses abgelesen wurden, einander gegenübergestellt.

Im Plexiglasblock stecken die Elektroden in Präzisionsbohrungen abgedichtet über dem Meßgang. Unterhalb des Kopfes der pO_2 - bzw. pCO_2 -Elektrode erweitert sich jeweils der Meßgang schüsselförmig, so daß die zu analysierende Flüssigkeit an die ganze Meßkopfbreite gelangen kann. Der Meßgang endet hinter einer Stufe in einem Überlaufgefäß an dessen oberen Ende eine Saugvorrichtung ange-

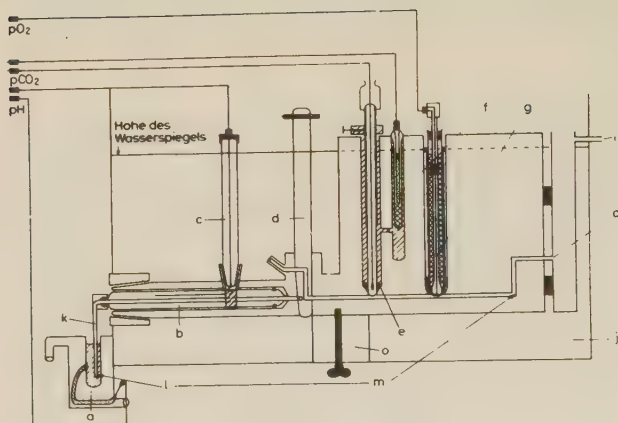


Abbildung 1

Schematischer Aufriß des Meßblocks:

- a: pH-Bezugselektrode; b: pH-Elektrode;
- c: Ableitung der pH-Elektrode zum Instrument;
- d: Betriebshahn; e: pCO_2 -Elektrode;
- f: Bezugselektrode der pCO_2 -Elektrode;
- g: pO_2 -Elektrode; h: Ende des Meßgangs;
- i: Saugvorrichtung; j: Flexiglasklotz;
- k: Schnorchel an der pH-Elektrode, Verbindung zur Bezugselektrode; l - m: Meßgang;
- o: Lagerungsklotz

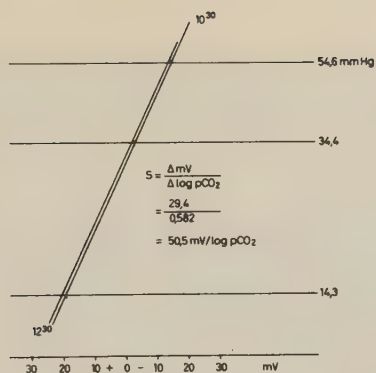


Abbildung 1a
Eichkurve der $p\text{CO}_2$ -
Elektrode

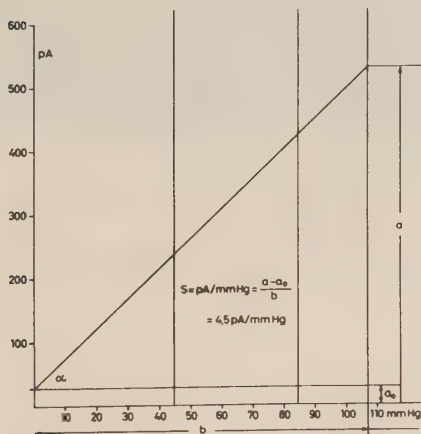


Abbildung 1b
Eichkurve der $p\text{O}_2$ -
Elektrode

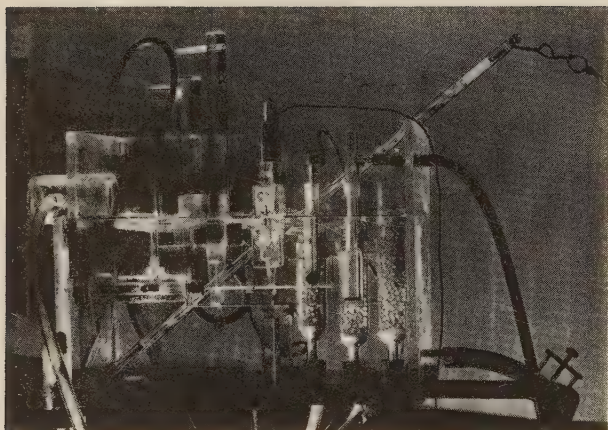


Abbildung 2

Teilansicht des Meßwagens:

Oberes Wasserbecken mit Meßblock, Frittenflaschen
und Verteilerhahn.

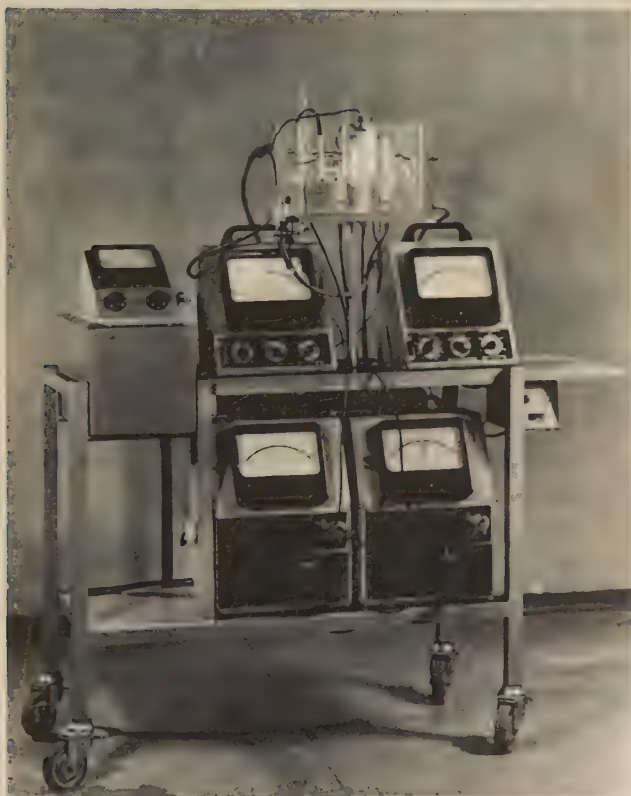


Abbildung 2a
Gesamtansicht des Meßwagens mit den Instrumenten
und Becken.

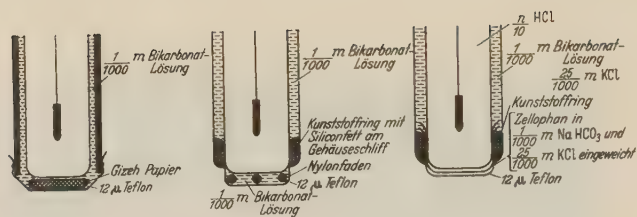


Abbildung 3
Armierungsmöglichkeiten von Glaselektrodenköpfen
für die $p\text{CO}_2$ -Messung:

- | | | |
|-------------------|---------------------------|----------------------|
| a) Ursprünglich | b) von ARNDT | c) eigene |
| von GLEICHMANN | und LÜBBERS | Bauweise |
| und LÜBBERS an- | verbesserte | der $p\text{CO}_2$ - |
| gegebene Elektro- | Elektrode, sog. | Elektrode |
| denspitze. | spaltlose | |
| | $p\text{CO}_2$ -Elektrode | |

bracht ist. Wird das Gefäß oben verschlossen,  wird der Sog auf den Meßgang wirksam, in den so Blut oder die Reinigungsflüssigkeit hineingesaugt wird. Die pH-Kapillare ist der Anfang des Meßganges. Sie ruht in einem röhrenförmigen Ansatz am Block, eine gefettete Gummidichtung sorgt für den sicheren Abschluß der Glaselektrode nach außen.

Die pH-Elektrode wird am blockfernen Ende mit einem kleinen Kunststoffschnorchel überzogen. So kann das Blut aus Spritzen oder Kapillaren bequem angesaugt werden. Nach der Analyse wird der Meßgang mit warmer Ringerlösung gereinigt und luftgetrocknet. Der Block ruht auf einem Klotz am Boden des Wasserbeckens.

In dieser Anordnung sind die Elektroden stabil untergebracht, thermostatisiert, bei Betriebsstörungen leicht zugänglich. Das Blut kann hier unter Sicht des Auges luftblasenfrei in den Meßgang und damit an die Elektroden gebracht werden. Das Analysengefäß steht in einem Wasserbecken, das von einem Umlaufthermostaten auf $\pm 0,1^\circ\text{C}$ temperaturkonstant gehalten. In diesem Becken sind weiter Frittenflaschen für die Eichgase und die Verteilerhähne angeordnet. (Abb. 2 u. 2a) Damit konnten die an dem Meßplatz eingangs gestellten Forderungen weitestgehend erfüllt werden.

Abschließend kann gesagt werden, daß die Sauberkeit und wissenschaftliche Aussagekraft der mithilfe dieses methodischen Vorgehens gewonnenen Ergebnisse von rund 3000 Doppelanalysen bekräftigt werden kann. Ein mittlerer Fehler von $\pm 0,9$ mm Hg für den pO_2 ^{u. pCO_2} und von $\pm 0,003$ EpH ist meßtechnisch als sehr günstig anzusehen. Die Einrichtung erfüllt die eingangs gestellten Forderungen nach einer stabilen, leicht zugänglichen Unterbringung von drei Elektroden in einem Meßblock, sie benötigt für die Analyse wenig Blut, das Blut kann luftblasenfrei

an die Elektrode gebracht werden, sie ist zuverlässig thermostatisiert und die Eichvorrichtung genügt exakten Ansprüchen. Der einzige Nachteil - die Löslichkeit von O_2 und CO_2 im verwendeten Material, Plexiglas - kann nach eigenen Prüfungen als unbedeutend angesehen werden.

II. 2. Die Elektroden

a) die Platinelektrode für die pO_2 -Messung

Der pO_2 wird mit einer eigens entworfenen Pt-Elektrode gemessen. Der Durchmesser des Pt-Drahtes beträgt 10 μ , was den Vorteil mit sich bringt, daß die Elektrode mißt, ohne daß die zu analysierende Flüssigkeit bewegt wird (rührerloses Arbeiten SEVERINGHAUS; LÜBBERS). Die Platinelektrode wird mit feuchtem Zellophan zur Stabilisierung bezogen und das Elektrodengehäuse mit 25 μ starkem Teflon bespannt. Die Bezugslektrode ist eine Ag/AgCl-Elektrode, die Elektrolytbrücke kalt gesättigte KCl-Lösung. Die von SEVERINGHAUS beobachtete CO_2 -Empfindlichkeit und Alkalientwicklung bei hohen Sauerstoffdrucken, die zur Nichtlinearität der Eichkurve dieses Elektrodentyps führen soll, konnte nicht bestätigt werden. Damit erübrigte sich der empfohlene Austausch des Überträger-elektrolyten KCl gegen 0,5 molaren Phosphatpuffer mit einem pH von 7,0 (Abb. 1 u. 1a). Geeicht wird die Elektrode mit drei Gasen verschiedenen O_2 -Gehaltes (letzterer wird mit dem Scholander-Apparat zuvor auf 0,03 Vol% Genauigkeit bestimmt). Um bei der Eichung Wasserdampfsättigung und Temperatur des Blutes zu berücksichtigen, wurden die Eichgase auf $+37^\circ C$ erwärmt und voll wasserdampfgesättigt. Die Einstellzeit der Elektrode liegt bei 4 - 5 sec. (95% des Endausschlages). Mit tonometriertem Blut fand sich ein mittlerer Fehler der Einzelmessung von $\pm 1,1$ mm Hg

(bei 65,4 mm Hg pO_2 im Tonometer).

b) die pCO_2 -Elektrode

Der Kohlensäurepartialdruck wird mit einer spaltlosen, membranbespannten Glaselektrode bestimmt (LÜBBERS und ARNDT), die eine Verbesserung der ursprünglich von GLEICHMANN und LÜBBERS angegebenen Ganzglaselektrode darstellt. Wir verwenden allerdings nicht Teflonfäden vor der Glasmembran als Distanzhalter für die Bikarbonatschicht, sondern nicht lackiertes 10 μ starkes Cuprophane (BEMBERG, Wuppertal) (Abb. 1 u. 1b u. Abb. 3). Es werden Glaselektroden vom Typ 903 G, A der Firma Ingold (Ffm) benutzt. Die Glasmembran wird mit Cuprophane bespannt. Zuvor muß letzteres mindestens 7 Tage in einer Lösung aus 0,001 mol $NaHCO_3$ und 0,015 mol KCl eingeweicht werden. Über das Cuprophane wird dann luftblasenfrei eine 12 μ starke Teflonmembran gelegt und beide Lagen mit einem Silikonring am Elektrodenschaft befestigt. Die so armierte Elektrode wird in ihr Gehäuse geschoben und dort verschraubt. Das Gehäuse wird dann mit dem Überträger-elektrolyt zur Bezugs-elektrode gefüllt (Mischung von 0,001 mol $NaHCO_3$ und 0,03 mol KCl im Verhältnis 3 : 1). Gemessen wird gegen eine gesättigte Kalomelektrode. Nach dem Zusammensetzen einer Elektrode empfiehlt es sich bis zu ihrer Eichung 8 - 10 Stunden verstreichen zu lassen, damit sich die Elektrolytverteilung zwischen Gehäuse und Bezugs-elektrode stabilisieren kann und die Eichkurvenverschiebungen pro Zeiteinheit klein werden.

Nach 10 Stunden beträgt die Eichkurvendrift etwa 0,1 - 0,5 mV/h,

später verschwindet sie ganz. Ein neuerliches Driften der Eichkurve deutet auf bakterielle Zersetzung der Elektrolytmischung und (oder) des Cuprophans hin. Dann empfiehlt es sich die Elektroden neu zusammenzubauen. Bei sorgfältiger Arbeit bleibt die Elektrode über Monate hinweg meßbereit, d.h. die Steilheit ihrer Eichkurve ($tg \alpha$) liegt über $50 \text{ mV} / \log p\text{CO}_2$ (Abb. 1b). Auch diese Elektrode wird mit drei Gasen, verschiedenen CO_2 -Gehaltes, geeicht.

Um die Einstellzeit der Elektroden zu verkürzen, empfiehlt sich eine "arterielle" ($p\text{O}_2$ bei 100 mm Hg, $p\text{CO}_2$ bei 40 mm Hg), eine "venöse" ($p\text{O}_2$ bei 60 mm Hg; $p\text{CO}_2$ bei 50 mm Hg) Eichgasmischung zu benutzen, dazu eine dritte mit O_2 - bzw. CO_2 -Drucken entfernt von den genannten Werten (GLEICHMANN und LÜBBERS). Damit kann bei den jeweils gefragten Analysen im Blut schneller gearbeitet werden, und die Eichung der Elektroden korrekt bleiben.

Die Einstellzeit der Elektrode liegt bei 90 sec. Mit tonometriertem Blut fand sich ein mittlerer Fehler von $\pm 0,6 \text{ mm Hg } p\text{CO}_2$.

c) Die Glaselektrode für die pH-Bestimmung

Die pH-Messung erfolgt mit einer Glaselektrode nach SANZ, ganz ähnlich der in der ASTRUPschen Anordnung. Diese Elektrode wird mit drei Phosphatpuffern nach HASTINGS und SENDROY geeicht, die entsprechend dem Vorschlägen von SCHWAB und WISSER den Standardpuffern des Nat. Bureau of Standards der USA angeglichen wurden, die als die zur Zeit genauesten angesehen werden müssen.

Abweichungen der Eichkurvensteilheit der Glaselektrode von der idealen, nach der NERNSTschen Formel errechneten, wurden durch entsprechende Korrekturen der Temperaturkompensation am pH-Meter angeglichen. Damit verstärkt das Instrument entsprechend der Temperaturdifferenz und ermöglicht eine genaue Meßwertablesung.

3. Die Bestimmung der Bikarbonatanteile aus den Messwerten

Der aktuelle Bikarbonatgehalt wird mit dem aktuell bestimmten pH und $p\text{CO}_2$ mithilfe der Formel von HENDERSON und HASSELBALCH

$$(\text{pH} = \text{pK}' + \log \frac{\text{HCO}_3}{\text{pCO}_2})$$

errechnet. Dabei wurde ein pCO_2 von 0,0301 mMol/l Plasma/mm Hg und ein pK' von 6,1 eingesetzt. Diese Konstanten sind nach Angaben von BARTELS die zur Zeit genauesten.

Der Standardbikarbonatgehalt wird wie folgt bestimmt: mit dem aktuell abgelesenen pH und $p\text{CO}_2$ erhält man aus dem Nomogramm von SIGGAARD ANDERSEN den ersten Durchgangspunkt der Pufferlinie des betreffenden Blutes. Nach Lufttonometrie und zweiter Ablesung von pH und $p\text{CO}_2$ bekommt man den zweiten Durchgangspunkt der Pufferlinie, auf der Standardbikarbonat und weitere Säurebasengrößen abgelesen werden können. Eine eventuelle Sauerstoffuntersättigung des Blutes muß rechnerisch berücksichtigt werden.

4. Die Messinstrumente

Für die pCO_2 - und pH-Messung werden Röhrenvoltmeter mit Zerhackerverstärker benutzt, deren Spannungsmessung nach der Ausschlagmethode ohne Stromfluß arbeitet. Zur Feinablesung wird zusätzlich ein Nullpunktunterdrücker zur Erweiterung der mV-Skala (pH-Meter 22 mit Scale Expander, Radiometer Kopenhagen) verwendet. Die Anzeigegenauigkeit dieses Instruments wird regelmäßig mit einem Eichpotentiometer und Puffern weit auseinanderliegender pH-Bereiche geprüft. Die pO_2 -Bestimmung erfolgt mit dem Picoamperemeter der Fa. Knick, Berlin.

Damit ist die Forderung nach einer exakten und in der Klinik brauchbaren Methodik der Blutgasanalyse erfüllt.

Tabelle 2: Gruppe 1, 10 Patienten bei bauch- und extremitäten-
chirurgischen Eingriffen in Neuroleptanalgesie versorgt

	Geschlecht	Alter	Diagnose	Operation	Verlauf
1.	weiblich	75 J.	Narbenbruch, Dünndarm- perforation, Ileus	Ileusresektion, Narbenbruchversorgung	glatt; nach 12 Tagen entlassen
2.	weiblich	61 J.	Ulcus ventriculi	B II	glatt; nach 12 Tagen entlassen
3.	weiblich	72 J.	Rectum-Ca	Anus praeter naturalis	glatt; nach 14 Tagen entlassen
4.	weiblich	62 J.	Schenkelhalsfraktur	Nagelung	glatt; nach 18 Tagen entlassen
5.	männlich	63.J.	Schenkelhalsfraktur	Nagelung	glatt; nach 20 Tagen entlassen
6.	weiblich	65 J.	Colon Ca	Resektion	glatt; nach 16 Tagen entlassen
7.	weiblich	65 J.	Rektum Ca	Anus praeter naturalis	glatt; nach 14 Tagen entlassen
8.	weiblich	75 J.	art. Verschlusskrankheit	Endarteriectomy	glatt; nach 20 Tagen entlassen
9.	männlich	80 J.	Schenkelhalsfraktur	Nagelung	glatt; nach 16 Tagen entlassen
10.	weiblich	68 J.	Schenkelhalsfraktur	Nagelung	glatt; nach 22 Tagen entlassen

Tabelle 3: Gruppe 2, 10 Patienten bei bauch- und extremitäten-
chirurgischen Eingriffen in Halothannarkose versorgt

	Geschlecht	Alter	Diagnose	Operation	Verlauf
1.	weiblich	73 J.	Verschlußikterus	Sphinkterotomie	glatt; nach 26 Tagen entlassen
2.	weiblich	84 J.	Schenkelhalsfraktur	Nagelung	glatt; nach 30 Tagen entlassen
3.	weiblich	71 J.	Rectum-Co	Anus praeter	glatt; nach 17 Tagen entlassen
4.	weiblich	73 J.	Ulcus ventriculi	Vagotomie + Pyloroplastik	glatt; nach 14 Tagen entlassen
5.	männlich	78 J.	Schenkelhalsfraktur	Nagelung	glatt; nach 15 Tagen entlassen
6.	männlich	69 J.	Schenkelhalsfraktur	Nagelung	glatt; nach 20 Tagen entlassen
7.	weiblich	83 J.	Schenkelhalsfraktur	Nagelung	17. po. Tag ful. Lungenembolie
8.	weiblich	69	Cholelithiasis	Sphinkterotomie	glatt; nach 16 Tagen entlassen
9.	weiblich	82 J.	Schenkelhalsfraktur	Nagelung	glatt; nach 23 Tagen entlassen
10.	weiblich	71 J.	Sigma-Co	Resektion	glatt; nach 13 Tagen entlassen

Tabelle 4: Gruppe 3, 10 in Neuroleptanalgesie lungenoperierte Patienten

	Geschlecht	Alter	Diagnose	Operation	Verlauf
1.	männlich	67 J.	Ca. linker Oberlappen	Lobektomie	glatt; nach 20 Tagen entlassen
2.	weiblich	60 J.	Mediastinaltumor	Exstirpation + Lobektomie re. U.	glatt; nach 26 Tagen entlassen
3.	männlich	67 J.	Ca. linker Oberlappen	Lobektomie	glatt; nach 19 Tagen entlassen
4.	männlich	66 J.	Ca. rechter Unterlappen	Pneumonektomie	glatt; nach 20 Tagen entlassen
5.	weiblich	67 J.	Ca. linker Oberlappen	Lobektomie	glatt; nach 13 Tagen entlassen
6.	männlich	63 J.	Tbc linker Oberlappen	Lobektomie	glatt; nach 8 Tagen verlegt
7.	männlich	64 J.	Ca. rechter Oberlappen	Pneumonektomie	glatt; nach 20 Tagen entlassen
8.	männlich	62 J.	Ca. linker Oberlappen	Pneumonektomie	glatt; nach 18 Tagen entlassen
9.	männlich	72 J.	Ca. linker Oberlappen	Lobektomie	glatt; nach 18 Tagen entlassen
10.	weiblich	70 J.	Ca. linker Unterlappen	Pneumonektomie	glatt; nach 22 Tagen entlassen

Tabelle 5: Gruppe 4, 10 in Halothannarkose lungenoperierte Patienten

	Geschlecht	Alter	Diagnose	Operation	Verlauf
1.	männlich	65 J.	Ca. rechter Oberlappen	Pneumonektomie	glatt; nach 20 Tagen entlassen
2.	weiblich	65 J.	Ca. linker Oberlappen	Pneumonektomie	glatt; nach 23 Tagen entlassen
3.	männlich	65 J.	Ca. linker Unterlappen	Pneumonektomie	glatt; nach 18 Tagen entlassen
4.	männlich	64 J.	Ca. linker Unterlappen	Lobektomie	glatt; nach 20 Tagen entlassen
5.	männlich	62 J.	Ca. rechter Oberlappen	Lobektomie	glatt; nach 29 Tagen entlassen
6.	männlich	64 J.	Ca. rechter Oberlappen	Lobektomie	glatt; nach 20 Tagen entlassen
7.	weiblich	71 J.	Ca. rechter Unterlappen	Pneumonektomie	glatt; nach 21 Tagen entlassen
8.	männlich	68 J.	Ca. linker Oberlappen	Lobektomie	glatt; nach 19 Tagen entlassen
9.	männlich	67 J.	Ca. linker Oberlappen	Segmentresektion I-III	glatt; nach 22 Tagen entlassen
10.	weiblich	73 J.	Ca. rechter Unterlappen	Bilobektomie	glatt; nach 22 Tagen entlassen

Klinische Untersuchung



Spirometrie

1.

VT max größer als 50%

V vent max kleiner als 40%

VT max/sec kleiner als 40%

→ Residualvolumenbe-
stimmung
V pul min größer als 40%

2.

Doppelseitige Prozesse oder:

VT max kleiner als 50%

V vent max kleiner als 40%

VT max/sec kleiner als 40%

Bronchospirometrie u. einseitiger CO_2 - RAV

F_{CO_2} (t = 10 min): unter 7%: operabel

F_{CO_2} (t = 10 min): 7-8%: Risiko

F_{CO_2} (t = 10 min): über 8%: inoperabel

Abbildung 4

Präoperativer lungenfunktioneller
Untersuchungsgang.

III. Der Untersuchungsgang

1. Das Krankengut und seine Einteilung

Tabelle 2 - 5

An die Narkosequalität stellen alte und greise Patienten besondere Ansprüche. Die Organfunktion des alten Menschen besitzt einen viel engeren Schwankungsbereich als der junge Patient, daher werden ins pathologische abweichende Verschiebungen schwerfälliger kompensiert. Dies gilt insbesondere für die Herz- und Lungenfunktion, für die des Kreislaufs und nicht zuletzt für die Hirnfunktion. Für die Narkose weiter nachteilig ist die Verschiebung der Relation Körpergewicht zu Muskelmasse zu Ungunsten des letzteren Faktors (BÜRGER). Damit sind auch für die Anwendung von Narkotika und Relaxantien in der Altersanaesthesie andere Maßstäbe gesetzt. Dem gegenüber nimmt der Anteil geplanter Operationen an alten Kranken im Programm operativer Abteilungen zusehends zu. So entfielen im Krankengut der Chirurgischen Universitätskliniken Gießen 1968 35% aller Operationen auf Eingriffe an Patienten vom 60. - 90. Lebensjahr. Die Frage nach der geeignetsten Narkoseform für diese Patienten ist somit von erheblicher Bedeutung.

Dabei wird folgender Untersuchungsgang eingehalten (Abb. 4): an die klinische Untersuchung schließt sich zunächst die globale Spirometrie an. Werden bei dieser Untersuchung Werte der Vitalkapazität von mehr als 50% der Sollwerte, des Atemgrenzwertes von größer als 40% des Sollwertes und der Sekundenkapazität von größer als 40% der Vitalkapazität in der 1. Sekunde gefunden, so gilt das spirometrische Untersuchungsergebnis als befriedigend und bedarf keiner zusätzlichen

Übersicht über die präoperativen Lungenfunktions-
werte der Patienten der hier untersuchten Gruppen.

Laparotomien				Thorakotomien		
	V T max	V vent max	V T max / sec	V T max	V vent max	V T max / sec
N L A	98 % $\pm$ 12,4 %	87 % $\pm$ 14,8 %	73 % $\pm$ 10,3 %	72 % $\pm$ 9,5 %	61 % $\pm$ 11,6 %	63 % $\pm$ 9 %
Halothan- narkosen	104 % $\pm$ 18,9 %	79 % $\pm$ 17,5 %	65 % $\pm$ 9,5 %	82 % $\pm$ 17,5 %	62 % $\pm$ 14 %	58 % $\pm$ 13 %

lungenfunktionellen Untersuchung. Liegt der Atemgrenzwert unter 40% seines Sollwertes dergleichen der Sekundenkapazität unter 40% des Wertes der Vitalkapazität in der 1. Sekunde, so wird eine Residualvolumenbestimmung angeschlossen. Das Residualvolumen darf 40% der Gesamtkapazität nicht überschreiten. Erbringt die Untersuchung einen Meßwert über 40% der Totalkapazität, so wird eine Bronchospirometrie mit angeschlossenem einseitigen CO_2 -Rückatmungsversuch zusätzlich nötig. Die beiden letztgenannten Untersuchungen werden auch dann nötig, wenn Vitalkapazität und Atemgrenzwert kleiner als 50% bzw. 40% ihres Sollwertes sind und die Sekundenkapazität unter 40% des Wertes der Vitalkapazität in der 1. Sekunde liegt. Die Sollwerte wurden in Anlehnung an Angaben von BALDWIN, COURNAND, RICHARDS; ANTHONY; HERTZ erarbeitet (GRABOW; unveröffentlichte Untersuchungen).

Der Wert dieses Untersuchungsgangs wurde an über 2000 Patienten geprüft (GRABOW und WASSNER). Dabei fand sich für die globale Spirometrie ein Fehler der präoperativen Vorhersage, eine solche ist ja bei der Frage operabel - nicht operabel die Spirometrie, von 2%. Die Patienten mit eingeschränkter Lungenfunktion, die präoperativ zusätzlich einer Bronchospirometrie unterzogen werden mußten, setzten sich zu 5% einer fehlerhaften Vorhersage aus. Dieses Ergebnis ist außerordentlich befriedigend. Angesichts dessen und der oben beschriebenen präoperativen Normalwerte der 40 Patienten, darf das Krankengut in dieser Untersuchung und ihrer Fragestellung als homogen angesehen werden.

Nachdem die uneingeschränkte Lungenfunktion feststand, wurden 40 Patienten in 4 Gruppen eingeteilt. In der ersten Gruppe wurden 10 Patienten untersucht, die sich einer Bauch- oder Knochenoperation in Neuroleptanalgesie unterziehen mußten. In der zweiten Gruppe wurden entsprechende Operationen vorgenommen, aber in Halothannarkose. In der dritten Gruppe wurden 10 Patienten in NLA thorakotomiert und untersucht und in der 4. und letzten Gruppe sind 10 Patienten untersucht

worden, die in Halothannarkose einen Brustkorbeingriff zu überstehen hatten.

Noch ältere Patienten, oberhalb des 80. Lebensjahres, zu untersuchen wäre möglicherweise aufschlußreicher gewesen. Das scheitert aber an naheliegenden Gründen - der operative Eingriff beschränkt sich auf das aller-
notwendigste, eine vorausplanende Einteilung ist kaum möglich, damit entfällt die Möglichkeit, Bauch- von Brustraumoperationen getrennt zu untersuchen.

Bei der Untersuchung wurde bewußt auf hirnchirurgische Eingriffe verzichtet. Eine Hirnoperation setzt für den postoperativen Verlauf ganz andere Maßstäbe, als sie in der üblichen Chirurgie gelten. Eine Studie des Säurebasenhaushaltes des arteriellen Blutes und der Cerebrospinalflüssigkeit nach Schädeltrepanationen erbrachte Meßergebnisse, die diese Ansicht bestärken halfen (GRABOW). Die Mehrzahl hirnoperierter Patienten ist postoperativ bewußtseinsgetrübt, Störungen der Atemregulation sind häufig. In den Meßergebnissen fand das den Niederschlag, daß hyperventilierende Patienten einen in den sauren Bereich tendierenden oder schon befindlichen Liquor cerebrospinalis hatten als Ausdruck einer verminderten Hirndurchblutung. Letztere Ansicht ist nicht ganz unbestritten; denn sie geht von der Arbeitshypothese aus, daß Hirngewebe und CSF im Diffusionsgleichgewicht stehen. Diese Hypothese steht in gutem Einklang mit den Ergebnissen der Arbeitsgruppe um PAPPENHEIMER, nicht jedoch mit denen von LOESCHCKE; LEUSEN; SEVERINGHAUS und MITCHELL. Immerhin bleibt für die hier relevante Fragestellung die Tatsache bestehen, daß die Hirnoperation für sich schon Verschiebungen des Säurebasenhaushaltes des Blutes induziert. Damit ist eine differenzierte Bewertung zweier Narkoseverfahren in der Hirnchirurgie auf dem Wege über die Blutgasanalyse nicht möglich. Es werden sicher Verschiebungen des Säurebasengleichgewichts bei beiden Betäubungsmethoden gefunden. Die Unterscheidung, welche pH-Änderung oder welcher Bikarbonatanstieg oder -abfall nun Narkoseverursacht oder dysregulationsbedingt ist, dürfte auf diesem Wege nicht getroffen werden können. Damit ist dieses Krankengut aus der Bewertung von Narkoseverfahren herausgehoben.

III. 2. Die Einleitung und Steuerung der Narkose

Nach der Praemedikation von 0,2 g eines Durchschlafbarbiturates zweieinhalb Stunden vor Narkoseeinleitung und von 2,0 ml Thalamonal plus 0,00025 Bellafolin (0,0014 mg Fentanyl pro Kg Körpergewicht; 0,04 mg Dehydrobenzperidol/kg; 0,004 mg Bellafolin/kg Körpergewicht) wird die NLA wie folgt eingeleitet: es werden zügig intravenös

0,3 mg Dehydrobenzperidol/kg Körpergewicht und

0,006 mg Fentanyl/kg Körpergewicht

injiziert, dabei atmet der Patient aus der Maske ein Lachgas/Sauerstoffgemisch (4 : 1) ein. Der Patient schläft etwa 2 - 3 Minuten später ein, wird mit Succinyl - bis - cholinchlorid relaxiert, intubiert und beatmet ($N_2O : O_2 = 3 : 1$), wobei Normoventilation angestrebt und blutgasanalytisch kontrolliert wird. Zur Dauerbeatmung werden die Patienten mit Nor-Allyltoxiferin relaxiert (0,0002 mg/kg Körpergewicht). Die Beatmung erfolgt maschinell mit dem Engström-Respirator Modell 200 im halboffenem System.

Die Patienten, die in Halothannarkose operiert werden sollten, erhielten ebenfalls ein Durchschlafbarbiturat ca. 150 min vor der Narkoseeinleitung. Dreissig Minuten vor Beginn wurde die übliche Praemedikation mit Pethidin (1,4 mg/kg Körpergewicht) verabfolgt und dann die Halothannarkose mit 5 mg Pentobarbital/kg Körpergewicht eingeleitet, wieder mit Succinyl zur Intubation relaxiert und die Patienten normoventiliert. Dem Beatmungsgemisch wurden 0,3 - 0,7 Vol% Fluothane beigegeben. Die Relaxation, die Beatmung und der Respirator waren die Gleichen wie bei den anderen

Patienten.

Die Narkose wird so gesteuert, daß die Patienten nach Anlegen des Wundverbandes wach und ansprechbar waren. Um einen Curare-, Neuroleptikum- oder Analgetikumrebound zu vermeiden, erhielten alle Patienten in der Ausleitungsperiode 0,001 g Prostigmin, die in NLA operierten Patienten zusätzlich 0,002 g Lorfan. Unter diesen Kautelen wurde keine verlängerte Wirkung des Narkotikums oder des Relaxans gesehen, wie es die postoperativen Blutgaswerte zeigen.

Der Volumenersatz richtete sich nach dem Operationsverlauf. Bei der Flüssigkeitssubstitution wurde eine Hyper- wie Hypovolämie vermieden, was sich durch die mehrfache Kontrolle des Hämatokritwertes und des spezifischen Gewichtes des Urins (nur bei kristallinen Lösungen) und der Urinmenge erreichen ließ.

III. 3. Die Blutentnahmetechnik

Es wurde einleitend darauf hingewiesen, daß diskrepante Untersuchungsergebnisse bei vergleichenden blutgasanalytischen Untersuchungen häufig ihre Erklärung im unterschiedlichen methodischen Vorgehen finden. Dies gilt nicht nur für das angewandte Blutgasanalysenverfahren, sondern genauso für die Blutentnahmetechnik. Das Einhalten bestimmter Kriterien bei der Entnahme von Blut gewährleistet zusammen mit der korrekten Gasanalyse die Aussagefähigkeit und Reproduzierbarkeit der Meßergebnisse. Bei der Blutentnahme ist zu beachten

1. der Entnahmezeitpunkt des Blutes.

Die zitierten Autoren bezogen alle ihre Ergebnisse und Schlußfolgerungen aus Analysenwerten völlig voneinander abweichender Entnahmezeiten. Darüberhinaus ist im allgemeinen ein Meßwert nach der Narkose ungenügend und nicht beweisend zur bewertenden Aussage. Ein solcher Meßwert stellt nichts anderes als eine Momentaufnahme dar, und es ist nicht mit genügender Sicherheit belegt, was als Ende der Narkose anzusehen ist. Erst eine Verlaufsserie mit mehreren Blutentnahmen innerhalb der nächsten 24 Stunden nach einem Eingriff in Narkose erbringt das Material an Meßwerten, das den Trend des narkosebeeinflussten Säurebasenhaushalts so beleuchtet, daß sichere Schlüsse gezogen werden können; (diskontinuierlich-kontinuierliche Blutgasanalyse). In unseren Untersuchungen fand sich, daß eine

Blutentnahme zur 2., 4., 6. und 24. postoperativen Stunde am günstigsten Einblick gewährt.

2. der Entnahmeort des Blutes. Für vergleichende blutgasanalytische Untersuchungen mit mehreren Entnahmen ist die Punktion wenig geeignet. Das beste Vorgehen ist hier die Entnahme des Blutes aus intravasalen Verweilkathetern. Die Patienten werden hierbei nicht wie bei der Punktion belastigt, was gerade bei arteriellen Entnahmen wesentlich ist. Weiter kann mit genügender Sicherheit das "Stady State" der Atmung eingestellt und beurteilt werden (DIETRICH, GEMPERLE, GRABOW). Eine schmerzverursachte Hyper- oder Hypoventilation bei der Punktion wird auch vom erfahrenen Beobachter zu leicht übersehen (FABEL). Bei der diskontinuierlich-kontinuierlichen Blutgasanalyse mit intravasalen Verweilkathetern sollten stets zwei Blutentnahmeorte, ein arterieller und ein venöser, gewählt werden. In der vorliegenden Arbeit wurde arterielles und hirnvenöses Blut untersucht mit der Frage nach einem eventuell unterschiedlichen Einfluß der beiden untersuchten Narkoseverfahren auf das Regulationsorgan. Richtungsweisende Hinweise in den Meßwerten auf einen solchen Einfluß, würden dann weitere gezielte Untersuchungen einleiten und ihnen die Weichen stellen. Die Verweilkatheter für die Blutentnahme können entweder nach dem SELDINGER-Prinzip in das in Frage kommende Gefäß eingeführt werden -MEYER und Mitarbeiter gaben sogar einen Kanülement des Bulbus der Vena jugu-

laris interna über die Vena basilica des Armes an - oder operativ unter Sicht des Auges. Ange-sichts des Ablaufs im Operationssaal und später auf der Station scheint das letztere Vorgehen mehr Sicherheit für das längere Verweilen eines Katheters im Gefäß zu bieten.

Es wird nach Narkoseeinleitung von einem 4 cm langen Hautschnitt entlang der Vorderkante des Musculus sternocleidomastoideus nach Durch-trennen des Plathysma die Vena jugularis inter-na präpariert. Etwa einen Querfinger unterhalb des Kiefernwinkels mündet in die Interna die Ve-na facialis com. ein. Letztere wird angeschlun-gen und quer incidiert. Von der Incision aus wird ein heparingefüllter PVC-Katheter in die Vena eingeführt, in die Jugularvene und durch diese nach cranial in deren Bulbus geschoben, der et-wa 3 - 5 cm oberhalb der Einmündungsstelle der Vena facialis com. seinen Platz hat. Diese Tech-nik des Katheterlegens ähnelt teilweise der Ope-ration nach PUDENZ und HEYER zur Liquordrai-nage bei Hydrocephalus.

Mit dieser bisher nicht beschriebenen Art der Blutentnahme wurden die Patienten praktisch nicht belästigt. Es war jederzeit und in benötigt großer Menge Blut zu erhalten. Die erste Blutentnahme erfolgte während der Operation, die zweite zwei Stunden, die dritte vier Stunden, die vierte sechs Stunden und die fünfte 24 Stunden nach der Operation. Ein eventuell von der Narkose ausgeübter Einfluß auf den Blutgasgehalt und auf das Säurebasengleich-gewicht wird innerhalb dieses Zeitraums sichtbar (GRABOW). Für später auftretende Verschiebungen

müssen in erster Linie andere, nicht von der Narkose ausgehende Ursachen gesucht werden (SCHULTIS). Die Untersuchung beschränkt sich auf die Angabe der üblichen Blutgas- und Säurebasengrößen. Abgelesene Verschiebungen des Säurebasenhaushaltes wurden im Sinne von ASTRUP gedeutet, wobei das Standardbikarbonat als Bezugsgröße zugrunde gelegt wurde.

Das Blut wird in gewärmte und gefettete Glas-spritzen luftblasenfrei aspiriert. Vom abgelesenen Meßwert muß dann noch der durch den Spritzen-totraum

$$pt = \frac{d_T \cdot VT}{d_E \cdot VE} (pG \cdot pT) \text{ mm Hg LÜBBERS}$$

verursachte Meßfehler subtrahiert werden. Er betrug bei diesen Untersuchungen bei 10, oml - Spritzen und bei 100 mm Hg pO_2 - 0,1 - 0,4 mm Hg, bzw. bei 50 mm Hg pCO_2 - 0,07 bis 0,15 mm Hg. Das heißt, daß der so verursachte Meßfehler bei großen Spritzen innerhalb des statistischen Fehlers der Methode liegt und vernachlässigt werden kann. Bei kleinen Spritzen muß dieser berücksichtigt werden. Nach der Entnahme muß arterielles Blut sofort analysiert werden, da der Sauerstoff-eigenverbrauch des Blutes seinen pO_2 bei 100 mm Hg pro Minute um ca.1 mm Hg senkt (LÜBBERS). Später Meßwerte zu korrigieren ist auch bei Kenntnis der verstrichenen Zeit ungenau, wenn der Ausgangswert nicht bekannt ist. Venöses Blut ist weniger anfällig, so daß bei gleichzeitiger Entnahme ohne Verschiebung zuerst die arteriellen Meßwerte abgelesen werden können und dann die venösen.

Die Entnahme des Blutes muß zügig, aber nicht zu schnell erfolgen, um den mittleren Gasdruck ablesen zu können, der besonders im arteriellen Blut durch den respiratorischen Rhythmus leicht schwankt (FABEL).

III. 4. Statistische Auswertung der Meßergebnisse

Die Aufreihung der Meßergebnisse in Kolonnen legte für die statistische Auswertung die (doppelte) Varianzanalyse nahe (nach R. A. FISHER, in: Lothar Sachs: Statistische Auswertungsmethoden, S. 499 ff; Springer Berlin, Heidelberg, New York 1966). Sie erlaubt, wesentliche von unwesentlichen Einflußgrößen zu unterscheiden. Eine besondere Rolle spielt hierbei der Vergleich von Mittelwerten.

Typisch für eine Varianzanalyse ist, daß eine beobachtete Gesamtvarianz in Anteile zerlegt wird, denen Ursachenkomplexe zugeordnet werden. Bei der einfachen Varianzanalyse sind dies zwei Anteile: einer entspricht dem Einfluß des Zufalls, der andere dem Einfluß den man untersuchen will. Bei der doppelten Varianzanalyse zerlegt man in drei Anteile und untersucht zwei Einflußgrößen gemeinsam. Wird eine Klassifizierung der Daten nach mehr als einem Gesichtspunkt vorgenommen, ist die Benutzung von doppelten oder mehrfachen Indices sehr dienlich. Hier bezeichnet der erste Index das Narkoseverfahren, die zweite die Operationsart und die dritte den Entnahmezeitpunkt.

Die rechnerische Auswertung erfolgt maschinell. Unterhalb einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% wird die errechnete Differenz signifikant.

Der mittlere Fehler der Einzelwerte wurde nach der

Formel

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}{n - 1}}$$

berechnet und betrug bei der pO_2 -Messung $\pm 0,4$ mm Hg,
 $\pm 0,003$ mm Hg bei der pCO_2 -Bestimmung und $\pm 0,002$ E
pH. Damit errechnet sich ein Fehler von $\pm 2\%$ bei der
Bikarbonatangabe.

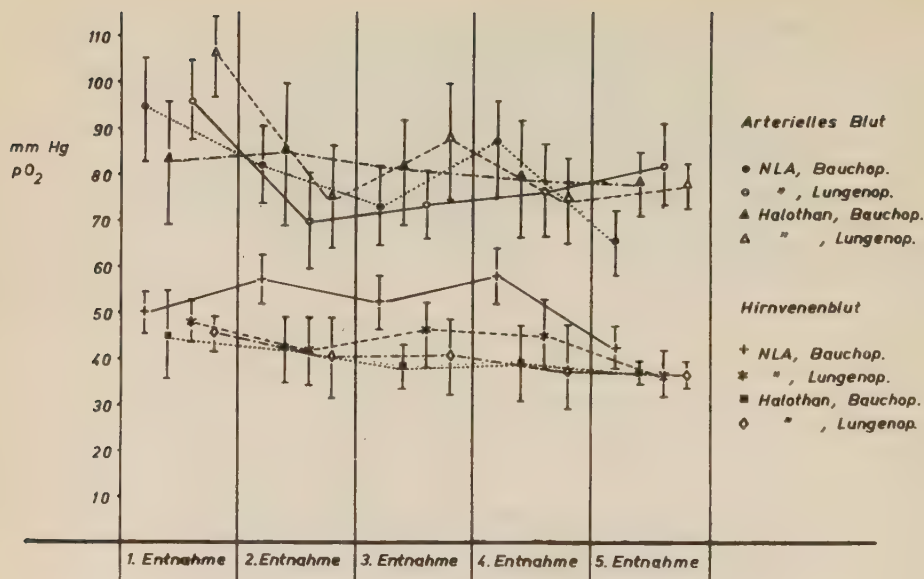


Abbildung 5

Graphische Darstellung der Mittelwerte mit Standardabweichungen des arteriellen und hirnvenösen pO_2 der untersuchten Gruppen (1. Gruppe Bauchoperationen in NLA, 2. Gruppe Bauchoperationen in Halothannarkose, 3. Gruppe Lungenoperationen in NLA, 4. Gruppe Lungenoperationen in Halothannarkose) über den Beobachtungszeitraum von 5 Entnahmen in 24 Stunden (1. Entnahme während der Operation, 2. Entnahme 2 Stunden postoperativ, 3. Entnahme 4 Stunden, 4. Entnahme 6 Stunden und 5. Entnahme 24 Stunden nach der Operation).

IV. Ergebnisse

1. Der Sauerstoffpartialdruck
 2. Der Kohlensäurepartialdruck
 3. Der pH - Wert
 4. Die Bikarbonatanteile
-
1. Der Sauerstoffpartialdruck

Der arterielle pO_2 zeigt mit Ausnahme des ersten Entnahmewertes, unter der Beatmung also, in allen vier Gruppen statistisch einheitliche Meßwerte. Das Herausfallen des ersten Entnahmewertes ist durch das Beatmungsgemisch von $N_2O : O_2$ erklärt, d. h. 25 Vol. % Sauerstoff im Gemisch und dementsprechend ein höherer Partialdruck. Die übrigen Entnahmewerte zeigen zwar gewisse Schwankungen, die aber gegeneinander statistisch nicht zu sichern sind. Die Meßwerte liegen alle im Normalbereich (ULLMER und REICHEL; WOITOWITZ und WOITOWITZ).

Hirnvenös finden sich dagegen signifikante Unterschiede zwischen dem pO_2 der hintereinander verglichenen Narkoseformen. Der pO_2 der in NLA operierten Patienten liegt deutlich höher als der Patienten mit Halothannarkosen. Die Meßwerte der NLA-Patienten liegen über dem Normalbereich, die der Vergleichsgruppe darin. Damit muß entweder die Hirndurchblutung der in NLA operierten Patienten gesteigert sein oder der Sauerstoffverbrauch des Hirngewebes herabgesetzt sein, was nach den Untersuchungen von KREUSCHER; GEMPERLE u. a. das Wahrscheinlichere ist.

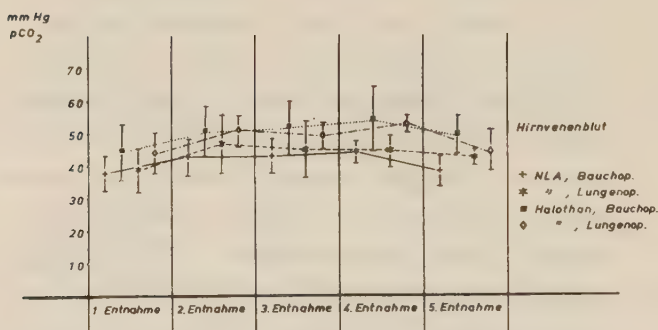
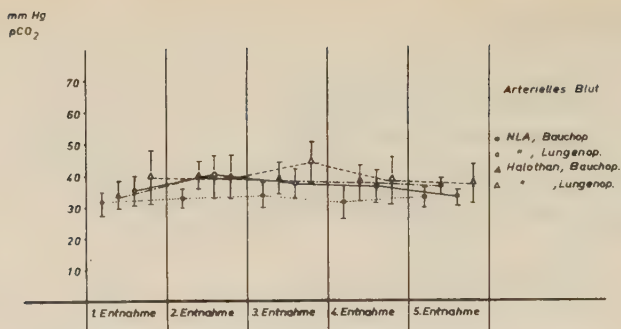


Abbildung 6

Graphische Darstellung der Mittelwerte mit Standardabweichungen des arteriellen und hirnenvenösen pCO₂ der untersuchten Gruppen (1. Gruppe Bauch-Op. in NLA, 2. Gruppe Bauch-Op. in Halothannarkose, 3. Gruppe Lungen-Op. in NLA, 4. Gruppe Lungen-Op. in Halothannarkose) über den Beobachtungszeitraum von 5 Entnahmen in 24 Stunden (1. Entnahme während der Op.; 2. Entnahme 2 Stunden postoperativ 3. Entnahme 4 Stunden, 4. Entnahme 6 Stunden und 5. Entnahme 24 Stunden nach der Operation).

2. Der Kohlensäurepartialdruck (Tabelle 8; Abb. 6)

Der arterielle $p\text{CO}_2$ der beiden miteinander verglichenen Narkoseformen unterscheidet sich signifikant von einander. Die Meßwerte der in Halothannarkose operierten Patienten liegen bis auf den Beatmungswert (1. Entnahme) alle im Normalbereich, die der NLA-Gruppe darunter, d.h. die Patienten hyperventilierten leicht.

Hochsignifikante Unterschiede der $p\text{CO}_2$ -Werte zwischen den beiden Narkoseformen finden sich im hirnenvenösen Blut, wieder zu Ungunsten der NLA-Patienten. Die Meßwerte der letztgenannten Gruppe liegen zum Teil erheblich unter dem Normalbereich.

Es liegt nahe, den sauerstoffverbrauchs senkenden Effekt der NLA damit in Verbindung zu bringen - entsprechend dem verminderten Sauerstoffverbrauch ist die metabolische Aktivität des Hirngewebes gesenkt und damit dessen CO_2 -Produktion. Mitbeeinflussend ist sicher aber auch eine hyperventilatorisch verursachte Senkung der Hirndurchblutung. Die Ursache für diesen Atemantrieb ist sicher nicht respiratorischer Herkunft, wie es die arteriellen $p\text{O}_2$ -Werte ausweisen.

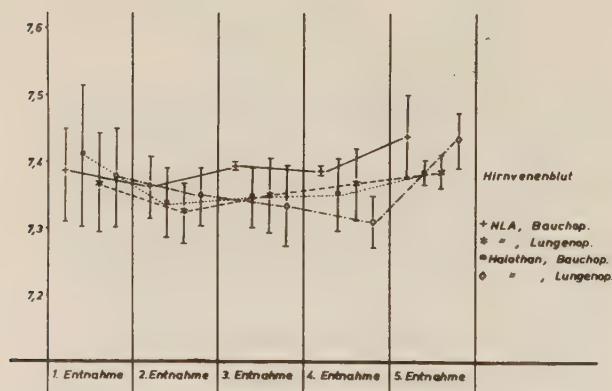
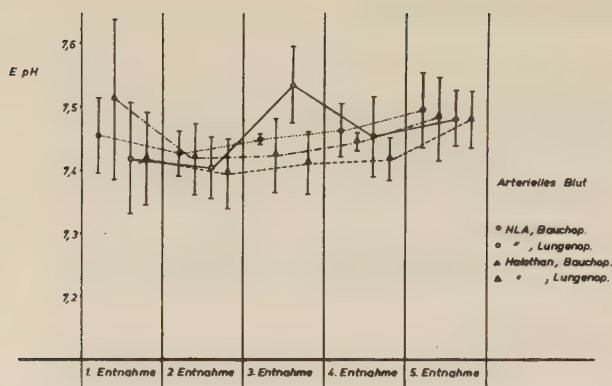


Abbildung 7
Graphische Darstellung der Mittelwerte mit Standardabweichungen des arteriellen und hirnvenösen pH der untersuchten Gruppen (1. Gruppe Bauch-Op. in NLA, 2. Gruppe Bauch-Op. in Halothannarkose, 3. Gruppe Lungen-Op. in NLA, 4. Gruppe Lungen-Op. in Halothannarkose) über den Beobachtungszeitraum von 5 Entnahmen in 24 Stunden (1. Entnahme während der Op.; 2. Entnahme 2 Stunden postoperativ 3. Entnahme 4 Stunden, 4. Entnahme 6 Stunden und 5. Entnahme 24 Stunden nach der Operation).

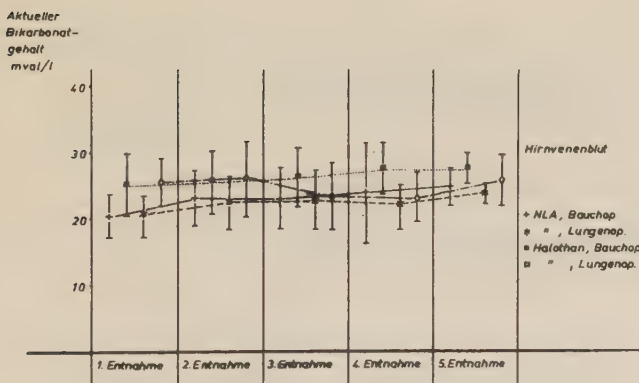
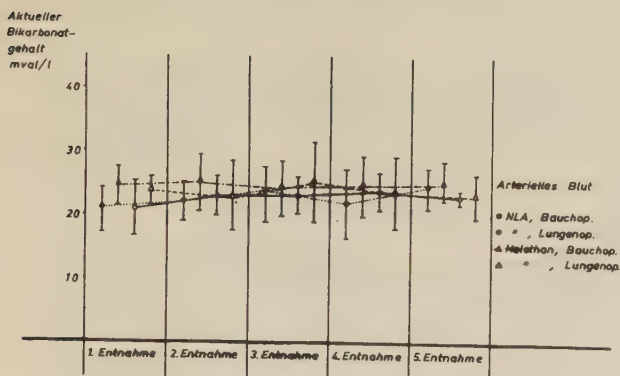


Abbildung 8

Graphische Darstellung der Mittelwerte mit Standardabweichungen des arteriellen und hirnvenösen aktuellen Bikarbonatgehalt der untersuchten Gruppen (1. Gruppe Bauch-Op. in NLA, 2. Gruppe Bauch-Op. in Halothannarkose, 3. Gruppe Lungen-Op. in NLA, 4. Gruppe Lungen-Op. in Halothannarkose) über den Beobachtungszeitraum von 5 Entnahmen in 24 Stunden (1. Entnahme während der Op.; 2. Entnahme 2 Stunden postop., 3. Entnahme 4 Stunden, 4. Entnahme 6 Stunden und 5. Entnahme 24 Stunden nach der Operation).

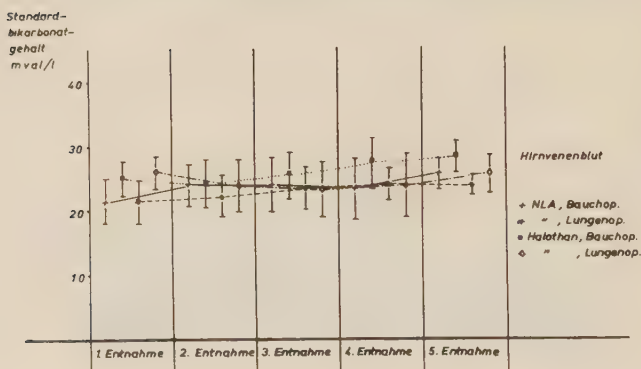
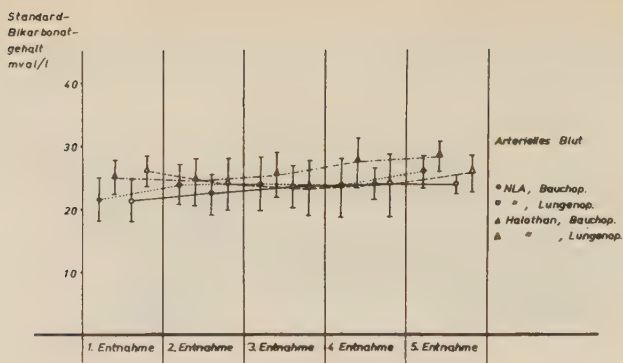


Abbildung 9

Graphische Darstellung der Mittelwerte mit Standardabweichungen des arteriellen und hirnvenösen Standard-Bikarbonatgehalt der untersuchten Gruppen (1. Gruppe Bauch-Op. in NLA, 2. Gruppe Bauch-Op. in Halothannarkose, 3. Gruppe Lungen-Op in NLA, 4. Gruppe Lungen-Op. in Halothannarkose) über den Beobachtungszeitraum von 5 Entnahmen in 24 Stunden (1. Entnahme während der Op.; 2. Entnahme 2 Stunden postoperativ, 3. Entnahme 4 Stunden, 4. Entnahme 6 Stunden und 5. Entnahme 24 Stunden nach der Operation).

3. Der pH - Wert (Tabelle 9; Abb. 7)

Der statistische Vergleich der arteriellen pH-Werte erbringt keinerlei gegeneinander zu sichernde Unterschiede. Die Meßwerte liegen mit wenigen Ausnahmen im oberen Normalbereich oder darüber. Zum Zeitpunkt der fünften Entnahme befinden sich alle pH- Werte im alkalischen Bereich.

Hirnvenös verläuft diese Entwicklung parallel, mit einigen signifikanten Unterschieden zu den verschiedenen Entnahmezeiten. Am Ende der Untersuchung sind alle Meßwerte im alkalischen Bereich für hirnvenöses Blut.

4. Die Bikarbonatanteile (Tabelle 10 und 11; Abb. 8 u. 9)

Bei der Berechnung des aktuellen Bikarbonatgehaltes fällt zunächst auf, daß in manchen Positionen der arterielle Bikarbonatgehalt über dem hirnvenösen liegt (Bauch-Op. NLA 1. Entnahme; Lungen-Op. NLA 1., 2., 3. und 4. Entnahme). Das ist rechnerisch bedingt und nicht etwa durch eine kaum vorstellbare Säurebasenkonstellation im betreffenden arteriellen bzw. hirnvenösen Blut. Diese Verschiebung erklärt den statistisch signifikanten Unterschied zwischen dem aktuellen Bikarbonatgehalt der in NLA bzw. in Halothannarkose operierten Patienten. Das ist ein Nachteil der Methode.

Der gleiche Fehler findet sich bei den errechneten Standardbikarbonatanteilen (Bauch-Op. NLA 1. und 5. Entnahme; Bauch-Op. Halothan 1. und 2. Entnahme; Lungen-Op. NLA 1., 2. und 3. Entnahme; Lungen-Op. ~~NLA~~ Halothan 3. und 4. Entnahme) und erklärt auch wieder den statistisch signifikanten Unterschied zwischen

den beiden Narkoseverfahren. Die Meßwerte selbst liegen jedoch im Normalbereich mit der Ausnahme aller der der 5. Entnahme, die für eine leichte metabolische Alkalose sprechen (siehe die pH-Werte), die sich bis zur 24. postoperativen Stunde eingestellt hat.

Danach muß als wichtigstes Ergebnis hervorgehoben werden, daß die Untersuchung ausschließlich in den beiden geprüften Narkoseverfahren statistisch gesicherte Unterschiede gegeneinander erkennbar werden ließ. Die verschiedenen operativen Eingriffe führen zu keinerlei relevanten Unterschieden im Blutgasverhalten.

V. Besprechung der Ergebnisse

1. Die Methodik der Gasanalyse

Dreifachelektrodensätze sind mehrfach beschrieben (SEVERINGHAUS und BRADLEY, GLEICHMANN und LÜBBERS; MEYER, GOTOH und TAZAKI; u. a.). Von der Industrie angebotene Meßplätze bringen jedoch fast immer den Nachteil mit sich, in ihrem Eichverfahren flüchtig zu sein, der mit dem scheinbaren Vorzug einfacher Handhabung erkaufte wird. Es ist aber nicht einzusehen, warum bei anspruchsvollen Untersuchungen mit evtl. wissenschaftlichen und therapeutischen Konsequenzen für die Klinik nicht ein entsprechend anspruchsvolles Meßverfahren angewendet wird, das zu erlernen Zeit und Geduld erfordert. Ebenso, wie die richtige Beurteilung eines

Krankheitsbildes lange Lehrzeit und Erfahrung braucht, benötigt dies die Gasanalyse mit Elektroden. Dem hier beschriebenen Verfahren haftet der "Nachteil" an, daß es recht kompliziert ist, und eine längere Lehrzeit nötig ist, um damit umgehen zu können.

Die Meßergebnisse sind jedoch sehr zuverlässig, da bei richtigem Zusammenbau ein genaues Eichverfahren die Meßwertablesungen sicherstellt. Die Anordnung der Elektroden hintereinander an einem Meßgang mit Saugvorrichtung hat sich für die Füllung und Reinigung als sehr vorteilhaft erwiesen und ist gegenüber anderen Anordnungen ein Fortschritt.

Nachteilig sind Materialschwächen des Meßblocks. Im Verlauf einiger Monate wird das Plexiglas brüchig, so daß ein neuer Block gefertigt werden muß. Weiter ist die Unterbringung des Blockes in einem offenen Wasserbad zur Thermostatisierung nicht ideal, auch die Anordnung und Bedienung der Meßinstrumente nicht. Alle diese Nachteile sind sekundärer Natur und mühelos zu beseitigen.

Für ausgedehnte vergleichende blutgasanalytische Untersuchungen sollten immer in der beschriebenen Art intravasale Katheter gelegt werden. Nur diese Katheter gewährleisten die für korrektes blutgasanalytisches Arbeiten genügend sichere Blutentnahmen für diskontinuierlich-kontinuierliche Messungen.

Für einmalige Messungen kommt natürlich nur die Punktion in Frage, für Mehrfachmessungen unseres

Erachtens aber überhaupt nicht. Punktionen sind immer schmerzhaft, auch wenn sie noch so vorsichtig und rücksichtsvoll vorgenommen werden. Allein wegen dieses Umstandes ist es nicht genügend sichergestellt, daß der Proband im "steady state" atmet. Damit sind die so gewonnenen Blutgaswerte nicht repräsentativ. Die unterschiedlichen Angaben von Blutgaswerten in der Literatur finden schon durch die Punktionstechnik ihre Erklärung.

Für die Zwecke der diskontinuierlich-kontinuierlichen Blutgasanalyse bei vergleichenden Untersuchungen haben sich zwei Entnahmestellen als am vorteilhaftesten herausgestellt.

Der hier vorgeschlagene Weg, arterielles und hirnvenöses Blut blutgasanalytisch zu untersuchen, deckte im hirnvenösen Blut signifikante Unterschiede zwischen den Meßwerten der Halothannarkose bzw. der in NLA operierten Patienten auf. Manches deutet dabei auf gewisse Vorzüge der Halothannarkose gegenüber der NLA hin.

Da ist einmal der eindeutig niedrigere arterielle $p\text{CO}_2$ bei den unter und nach NLA untersuchten Gruppen. Die Patienten hyperventilieren. Wäre dieser Befund allein in der Gruppe Thorakotomien in NLA aufgetreten, wäre ein erhöhter Rechts-Linksshunt in der Lunge denkbar und diskutabel gewesen, der über eine $p\text{O}_2$ -Senkung zum Atemantrieb führt, so daß eine respiratorische Alkalose bei Sauerstoffuntersättigung des arteriellen Blutes resultiert (BARTELS, BEER, FLEISCHER, HOFFHEINZ, KRALL, RODEWALD, WENNER und WITT). Einmal weisen jedoch die arteriellen $p\text{O}_2$ -Werte aus, daß diese Annahme unzutreffend

sein muß, zum anderen ist dieser Regelmechanismus für Bauchoperierte höchst unwahrscheinlich. Die Patienten hatten weder atelektatische Lungenabschnitte, noch pneumonische Anschoppungen. Weiter weist der niedrigere hirnvenöse $p\text{CO}_2$ der NLA-Gruppen zusammen mit erhöhtem hirnvenösen $p\text{O}_2$ auf Änderungen entweder der Hirndurchblutung oder des Sauerstoffverbrauchs des Hirngewebes hin. Darüber vermag aber diese Untersuchung nichts auszusagen, legt aber weitere Untersuchungen, etwa nach KETY und SCHMIDT, verbunden mit biochemischen Analysen, für die Klärung dieser Befunde nahe. Angesichts der von GEMPERLE und KREUSCHER erhobenen Befunde, die zum Teil eine mehr als 50%ige Senkung des Sauerstoffverbrauchs des Gesamtorganismus bzw. des Hirns in NLA fanden und eine echte Senkung des Grundumsatzes folgerten, werden diese speziellen Untersuchungen des Hirngewebes nötig. Die Schule um THAUER fand in ihren grundsätzlichen Untersuchungen über die Narkose zwar eine Senkung des Sauerstoffverbrauchs, nie aber eine echte Senkung des Grundumsatzes. Allerdings blieben GEMPERLE und KREUSCHER den Nachweis eines echten Ruhewertes schuldig, der als Bezugspunkt von THAUER gefordert wird. Ohne Ausgangspunkt aber, sind die gefundenen drastischen Umsatzeinsparungen bestenfalls als Beruhigungseffekt anzusehen.

Auffällig ist, daß sich in allen Gruppen bis zur 24. postoperativen Stunde eine metabolische Alkalose entwickelt hat. Diese Säurebasenkonstellation ist Niederschlag einer vermehrten Aldosteronausschüttung, die sich nach jedem Unfall- oder Operationstrauma einstellt (LLAURADO; SCHULTIS; SHOEMAKER; GLEICHMANN, BOSTROEM, KREUZER, LÖHR).

Diesen sekundären Hyperaldosteronismus findet man nicht nur nach Unfall- oder Operationstraumata, sondern auch beim Ileus (REIFFERSCHIEDT), bei der

portalen Hypertension (WALDHIRT) und beim Tetanuskranken (L'ALLEMAND und SCHULTIS). Es handelt sich offenbar um einen Regelmechanismus, mit dem der gestresste Organismus versucht, die Belastung zu überwinden.

Die Ergebnisse weisen aus, daß die Blutgasanalyse ein ausgezeichnetes Prüfverfahren für Anaesthesiemethoden ist. Sie sollte stets am Anfang einer vergleichenden Untersuchung stehen. Ihre Ergebnisse stellen die Weichen für spezielle Fragestellungen und weitere Arbeiten.

Die vorgelegten Meßwerte belegen dies. Angesichts der weitgehend im Normalbereich verlaufenden arteriellen und hirnvenösen Blutgas- und Säurebasengrößen der in Halothannarkose untersuchten Gruppen kann diese Narkoseform für das höhere Lebensalter empfohlen werden. Für die Neuroleptanalgesie ergeben sich gewisse Vorbehalte, die ihren Grund in den im hirnvenösen Blut stark von der Halothangruppe abweichenden Meßwerten haben. Diskutabel ist durchaus ein Sauerstoffspareffekt der Neuroleptanalgesie auf das Hirngewebe (KREUSCHER, GEMPERLE), umgekehrt ist aber auch eine neuroleptanalgesieverursachte Hirndurchblutungssteigerung denkbar.

V. 2. Die Einteilung des Krankengutes und die Einreihung ihrer Meßwerte

Die präoperative lungenfunktionelle Prüfung, von der uneingeschränkte Meßwerte erwartet werden, die die Einteilung der Kranken in gegenüberzustellende Kollektive erst ermöglicht, wurde bisher nicht angegeben. Sie stellt jedoch unseres Erachtens die einzige Möglichkeit dar, die Patientengruppen in ein homogenes Material zu ordnen. Eine normale Lungenfunktion erbringt normale Säurebasenwerte. Der Einfluß der Narkose auf die Atmung ist bekannt und daher auch die Eignung der Blutgasanalyse zur Untersuchung von Fragen in der Anaesthesie. Der postoperative nahezu einheitliche Verlauf in den Meßwerten bestätigt diese Meinung und erlaubt es, die gewonnenen Meßwerte als Normalwerte anzusprechen. Abweichungen vom beschriebenen Verlauf müssen als pathologisch angesehen werden.

VI. Schlußfolgerungen

1. Die Blutgasanalyse eignet sich zur Beurteilung von Narkoseverfahren ausgezeichnet und sollte immer am Anfang einer vergleichenden Prüfung stehen. Dabei empfiehlt sich die beschriebene blutgasanalytische Methodik mittels direktmessender Elektroden. Weiter entscheidend ist die Einteilung des Krankengutes und der Blutentnahmetechnik. In vergleichenden Prüfungen sollte immer die diskontinuierlich-kontinuierliche Messung aus intravasalen Kathetern mit verschiedenen Entnahmeorten angestrebt werden.
2. Auf Grund des komplikationslosen postoperativen Ver-

laufs und der statistischen Einheitlichkeit dürfen die gefundenen blutgasanalytischen Daten als normal anzusprechen sein.

3. Für die Zwecke der Altersanaesthesia wird die Halothannarkose in der beschriebenen Art und Weise empfohlen.

VII. Zusammenfassung

1. 1. Die Eignung von Narkoseverfahren wird entscheidend durch die Blutgasanalyse bewertet. Unbedingte Voraussetzung dafür ist aber eine Blutentnahmetechnik und Blutanalysentechnik, die auch in der Klinik den strengen Kautelen der Gasanalyse entspricht. Entsprechende methodische Vorschläge sind hier die Blutentnahme aus intravasalen Verweilkathetern (diskontinuierlich-kontinuierliche Messung) und die Blutgasanalyse mittels eines neuartigen Tripelelektrodensatzes für die pH-, $p\text{CO}_2$ - und $p\text{O}_2$ -Bestimmung in einem Analysengang. Weiter muß das Krankengut für die Untersuchung nach entsprechenden Gesichtspunkten geordnet werden, die eine Einteilung in ein homogenes Krankengut ermöglichen. Als zugänglichstes Einteilungsmerkmal eignet sich die präoperative Lungenfunktion. Nach den Erfahrungen der vorliegenden Untersuchung ist zur Untersuchung die Altersgruppe zwischen dem 60 - 80. Lebensjahr gut geeignet.
2. Allein aus der Nichtbeachtung dieser Grundsätze für die Blutgasanalyse erklären sich abweichende Angaben der Literatur.

3. Es wurden für die postoperative Phase nach Operationen an alten Menschen die als Normalwerte anzusprechenden Säurebasendaten des Blutes festgestellt, die bisher nicht beschrieben wurden. Von diesen Angaben abweichende Werte, müssen als pathologisch angesehen werden.

VIII. Anhang

1. Die Halothannarkose

-Auf der Suche nach einem Inhalationsnarkotikum, das nicht die negativen Eigenschaften des Äthers, Cyclopropane, Chloroforms -Explosivität und große Toxizität - besaß, stieß 1951 der ICI-Chemiker SUCKLING (ICI - Imperial Chemical Industries, England) auf ein halogeniertes Äthanderivat, das Halothan bzw. Fluothane benannt wurde. Nach eingehender Prüfung kam es in den klinischen Gebrauch (RAVENTOS 1956) und nach anfänglicher Zurückhaltung (VOURCHÉ 1958; GREEN 1959; MARRET 1961) fand das neue Inhalationsnarkotikum zusehends mehr Anaesthesisten, die sich für seinen Gebrauch einsetzten (TARROW; WIEMERS). Erleichtert wurde dies durch die Lösung des Problems für einen Halothanverdampfer (GUSTERSON).

Halothan (CF_3CHClBr ; 1,1,1, - Trifluoro -2, Chloro -2, Bromo-Äthan) ist eine klare süßlich riechende Flüssigkeit mit einem spezifischen Gewicht von 1,86 bei 20°C . Der Siedepunkt liegt bei $50,2^\circ\text{C}$. Halothan ist nicht brennbar und bildet weder mit Luft noch mit Sauerstoff explosive Gemische. Fluothane wird durch Alkali und Hitze nicht zersetzt.

Halothan ist ein sehr rasch und stark wirkendes Narkotikum, aber ein schlechtes Analgetikum. Mit 2 - 4 Vol% kann innerhalb von 4 - 5 Minuten jede Stufe des Toleranzstadiums erreicht werden. Zur Aufrechterhaltung der Narkose werden, je nach Körpergewicht und ob der Patient spontan atmet oder kontrolliert beatmet wird, zwischen 0,4 - 2,5 Vol% Halothan im Trägergemisch benötigt. Letzteres ist im allgemeinen ein Lachgas-Sauerstoffgemisch (entweder im Verhältnis 2 : 1 oder 3 : 1).

Halothan ist fast das ideale Inhalationsnarkotikum,
an das folgende Forderungen zu stellen sind:

- a) es darf nicht toxisch wirken
- b) es darf weder entflammbar noch explosibel
sein
- und c) hohe narkotische Wirksamkeit besitzen.

Die einzige Einschränkung für die Anwendung von Halothan ist seine negative inotrope und dromotrope Wirkung auf den Herzmuskel (CULLEN und SEVERINGHAUS; THROWER, DARBY, ALDINGER und SPROUSE; EGER und HÜGIN; LONG and PITTINGER; BEATON; WENTHE, PATRIC and WOOD; DUDZIAK). Diese negative Eigenschaft ließ Platz offen für ein anderes Betäubungsverfahren, obwohl es keine spezielle Kontraindikation für die Anwendung von Halothan gibt. Insbesondere wird das Risiko cardialer Zwischenfälle durch die Anwendung von Muskelrelaxantien bei oberflächlicher Narkose so gering, daß man es vernachlässigen kann.

VIII. 2. Die Neuroleptanalgesie

Angesichts der Nachteile des Äthers, des Chloroforms war die belgo-französische Anaesthesiologie einen anderen Weg gegangen, den LABORIT und HUGUENARD mit dem lytischen Cocktail gewiesen hatten. JANSSEN derivierte aus dem Butyrophenon Neuroleptika wie das Haloperidol und Dehydrobenzperidol und synthetisierte hochpotente Morphinsubstitute wie das Fentanyl, die die pharmakologische Grundlage für dieses neue Betäubungsverfahren bildeten.

Mithilfe des Neuroleptikums wird der Patient in einen Zustand psychischer Indifferenz und motorischer Ruhe gebracht und mithilfe des Analgetikums wird Schmerzfreiheit erzeugt. Unter dem Einfluß dieser Drogen, in Neuroleptanalgesie, können auch größte chirurgische Eingriffe vorgenommen werden (ALDER; DE CASTRO und MUNDELEER; NILSON; HENSCHEL; BARTH und L'ALLEMAND; GRABOW und L'ALLEMAND). Da das Analgetikum stark atemdepressiv wirkt, darüberhinaus unter dem Neuroleptikum die Patienten das Atmen "vergessen", sollten die Patienten in Neuroleptanalgesie immer beatmet werden, wobei man sich des analgetischen Effektes des Lachgases bedienen kann.

Ein wichtiger Vorteil der Neuroleptanalgesie gegenüber anderen Narkoseverfahren liegt in der geringen Beeinträchtigung des Kreislaufs, ~~zudem~~ man spricht sogar von der Stabilität der kardiovaskulären Funktionen (HENSCHEL; BUHR, ZINDLER, EUNICKE, SATTER; LENNARTZ). Weiter muß auf die sauerstoffverbrauchsenkende Wirkung der NLA hingewiesen werden (GEMPERLE und GRÜNINGER; HOSSLI; KREUSCHER; DUDZIAK), die diese Anaesthesiemethode gerade für Operationen mit Kreislaufunterbrechung

^{der}
in Neuro- und Herzchirurgie empfehlen würde.
DUDZIAKs Untersuchungen legen aber den Verdacht nahe, daß unter der Wirkung von Dehydrobenzperidol und Fentanyl, herzeigene Katecholamine mobilisiert werden. Dies stellt einen unerwünschten Effekt dar.

Zu großem Dank bei der Ausführung der Arbeit bin ich verpflichtet:

Herrn Prof. Dr. H. L'Allemand, Direktor der Abteilung für Anaesthesiologie der Universitätskliniken Gießen.

Herrn Prof. Dr. D. W. Lübbers, Direktor des Max Planck-Instituts für Arbeitsphysiologie, Dortmund.

Herrn Prof. Dr. F. Erbslöh, Direktor der Neurol. Univ. Klinik Gießen.

Herrn Priv. Doz. Repkes, Biochem. Institut der Vet. Med. Fakultät der Univ. Gießen.

Frau Ursula Pieritz und Frau Lieselotte Wilker, Lungenfunktionslaboratorium d. Abt. für Anaesthesiologie der Univ. Kliniken Gießen.

pO₂ art. mm Hg

Mittelwerte mit Standardabweichungen

	Bauch -Op. NLA	Bauch -Op. in Halothan	Lungen -Op. NLA	Lungen -Op. in Halothan
1. Entnahme	94,4 ± 11,0	82,5 ± 13,6	96,1 ± 9,0	105,5 ± 8,5
2. Entnahme	82,4 ± 8,3	84,5 ± 15,5	69,8 ± 10,5	75,0 ± 11,5
3. Entnahme	73,4 ± 8,7	81,0 ± 12,0	73,6 ± 7,5	82,7 ± 12,8
4. Entnahme	86,7 ± 9,3	78,8 ± 12,9	76,5 ± 10,0	74,6 ± 9,5
5. Entnahme	65,5 ± 7,6	77,9 ± 7,0	81,7 ± 9,0	77,1 ± 5,2
Summe der Mittelwerte	80,5 ± 9,0	80,9 ± 12,2	79,54 ± 9,2	83,0 ± 10,1

Varianzanalyse

Variationsursache	F - Wert	Freiheitsgrade	Summe der Abweichungen
Entnahmezeit 1'	6,736	199	7527,3535
Op. Art 2'	0,6732		
Nark. Art 3'	0,0631		

pO₂ venös mm Hg

Mittelwerte mit Standardabweichungen

	Bauch -Op. NLA	Bauch -Op. in Halothan	Lungen -Op. NLA	Lungen -Op. in Halothan
1. Entnahme	60,4 ± 5,4	45,3 ± 9,6	48,2 ± 4,8	46,4 ± 5,0
2. Entnahme	67,2 ± 5,5	42,2 ± 6,3	41,6 ± 7,5	46,4 ± 8,4
3. Entnahme	62,2 ± 5,7	38,4 ± 4,8	46,1 ± 6,2	41,0 ± 7,8
4. Entnahme	68,1 ± 6,2	39,2 ± 8,2	45,1 ± 7,6	38,4 ± 9,1
5. Entnahme	42,3 ± 4,5	77,9 ± 7,0	81,7 ± 9,0	77,1 ± 5,2
Summe der Mittelwerte	60,0 ± 5,5	48,6 ± 7,2	52,5 ± 7,0	49,9 ± 7,1

Varianzanalyse

Variationsursache	F - Wert	Freiheitsgrade	Summe d. Abweichungen
Entnahmezeit 1'	3,8165	199	1721,9404
Op. Art 2'	2,5426		
Narkose - Art 3'	14,2157		

abelle 7: Mittelwerte mit Standardabweichungen, sowie die Varianzanalyse der Mittelwerte der vier untersuchten Gruppen des arteriellen und hirnvenösen pO₂. Die statist. Signifikanz der Irrtums wahrscheinlichkeit (F-Wert) wird mit einem bis drei Sternchen gekennzeichnet.

pCO₂ art., mm Hg

Mittelwerte mit Standardabweichungen

	Bauch-Op. in NLA	Bauch-Op. in Halothan	Lungen-Op. in NLA	Lungen-Op. in Halothan
1. Entnahme	31,1 ± 3,7	33,9 ± 4,4	34,9 ± 4,8	39,3 ± 8,4
2. Entnahme	32,8 ± 2,9	39,8 ± 4,3	39,4 ± 6,8	35,3 ± 7,0
3. Entnahme	33,7 ± 3,9	38,7 ± 5,0	36,9 ± 4,7	43,5 ± 6,8
4. Entnahme	31,3 ± 5,4	37,6 ± 5,9	35,9 ± 5,2	37,6 ± 7,5
5. Entnahme	32,5 ± 3,3	35,9 ± 2,6	32,4 ± 2,5	36,7 ± 6,2
Summe der Mittelwerte	32,3 ± 3,8	37,2 ± 4,4	35,9 ± 4,8	39,3 ± 7,2

Varianzanalyse

Variationsursache	F - Wert	Freiheitsgrade	Summe d. Abweichungen
Entnahmezeit 1'	2,5494	199	493,2627
Op. Art 2'	5,6592		
Nark. Art 3'	12,5535 ++		

p CO₂ hirnvenös mm Hg

Mittelwerte mit Standardabweichungen

	Bauch -Op. NLA	Bauch -Op. Halothan	Lungen -Op. NLA	Lg. -Op. Halothan
1. Entnahme	38,1 ± 4,9	44,2 ± 7,9	38,9 ± 6,5	44,2 ± 6,3
2. Entnahme	42,6 ± 5,6	50,7 ± 7,8	46,9 ± 9,0	50,7 ± 4,8
3. Entnahme	42,9 ± 5,4	51,8 ± 8,0	45,0 ± 8,8	49,3 ± 4,1
4. Entnahme	44,1 ± 3,3	54,2 ± 9,9	44,3 ± 4,9	52,8 ± 2,3
5. Entnahme	38,3 ± 4,8	49,4 ± 5,8	42,4 ± 2,4	44,5 ± 6,4
Summe der Mittelwerte	41,2 ± 4,8	50,1 ± 7,5	43,5 ± 6,3	48,3 ± 4,8

Varianzanalyse

Variationsursache	F - Wert	Freiheitsgrade	Summe d. Abweichungen
Entnahmezeit 1'	5,6104	199	1427,7744
Op. Art 2'	0,1473		
Nark. Art 3'	39,6726 +++		

Tabelle 8: Mittelwerte mit Standardabweichungen, sowie die Varianzanalyse der Mittelwerte der vier untersuchten Gruppen des arteriellen und hirnvenösen pCO₂. Die statist. Signifikanz der Irrtumswahrscheinlichkeit (P-Wert) wird mit einem bis drei Sternchen gekennzeichnet.

E pH art.

Mittelwerte mit Standardabweichungen

	Bauch -Op. NLA	Bauch -Op. Halothan	Lungen -Op. NLA	Lg. -Op. Halothan
1. Entnahme	7,455 ± 0,060	7,511 ± 0,126	7,419 ± 0,088	7,418 ± 0,073
2. Entnahme	7,425 ± 0,036	7,419 ± 0,053	7,404 ± 0,048	7,394 ± 0,055
3. Entnahme	7,449 ± 0,008	7,423 ± 0,053	7,534 ± 0,060	7,411 ± 0,049
4. Entnahme	7,462 ± 0,042	7,444 ± 0,014	7,452 ± 0,063	7,417 ± 0,034
5. Entnahme	7,494 ± 0,058	7,480 ± 0,066	7,481 ± 0,044	7,479 ± 0,045
Summe der Mittelwerte	7,457 ± 0,041	7,455 ± 0,064	7,458 ± 0,061	7,424 ± 0,051

Varianzanalyse

Variationsursache	F - Wert	Freiheitsgrade	Summe d. Abweichungen
Entnahmezeit 1'	5,8248	199	0,1036
Op. Art 2'	5,4828		
Nark. Art 3'	0,3956		

E pH venös

Mittelwerte mit Standardabweichungen

	Bauch -Op. NLA	Bauch -Op. Halothan	Lungen -Op. NLA	Lg. -Op. Halothan
1. Entnahme	7,385 ± 0,074	7,409 ± 0,106	7,369 ± 0,074	7,375 ± 0,074
2. Entnahme	7,361 ± 0,047	7,338 ± 0,053	7,326 ± 0,040	7,347 ± 0,044
3. Entnahme	7,393 ± 0,003	7,346 ± 0,046	7,349 ± 0,057	7,333 ± 0,062
4. Entnahme	7,385 ± 0,07	7,351 ± 0,054	7,365 ± 0,054	7,310 ± 0,039
5. Entnahme	7,437 ± 0,063	7,381 ± 0,010	7,385 ± 0,026	7,431 ± 0,041
Summe der Mittelwerte	7,392 ± 0,051	7,365 ± 0,054	7,359 ± 0,050	7,359 ± 0,052

Varianzanalyse

Variationsursache	F - Wert	Freiheitsgrade	Summe d. Abweichungen
Entnahmezeit 1'	7,022 ⁺	199	0,1185
Op. Art 2'	5,4688		
Nark. Art 3'	2,3691		

Tabelle 9: Mittelwerte mit Standardabweichungen, sowie die Varianzanalyse der Mittelwerte der vier untersuchten Gruppen des arteriellen und hirnvenösen pH. Die statist. Signifikanz der Irrtumswahrscheinlichkeit (F-Wert) wird mit einem bis drei Sternchen gekennzeichnet.

Akt. Bik. art. m val / I

Mittelwerte mit Standardabweichungen

	Bauch -Op. NLA	Bauch -Op. Halothan	Lungen -Op. NLA	Lg. -Op. Halothan
1. Entnahme	20,7 ± 3,5	24,5 ± 3,1	21,1 ± 4,3	23,7 ± 2,4
2. Entnahme	22,6 ± 3,7	25,1 ± 4,5	23,1 ± 3,2	22,8 ± 5,2
3. Entnahme	23,8 ± 4,9	24,3 ± 4,4	23,1 ± 2,9	25,3 ± 6,4
4. Entnahme	22,0 ± 5,4	24,7 ± 4,8	23,9 ± 3,0	23,8 ± 5,7
5. Entnahme	24,5 ± 3,2	25,4 ± 2,9	23,1 ± 1,1	23,2 ± 3,5
Summe der Mittelwerte	22,7 ± 4,1	24,8 ± 3,9	22,9 ± 2,9	23,8 ± 4,6

Varianzanalyse

Variationsursache	F - Wert	Freiheitsgrade	Summe d. Abweichungen
Entnahmezeit 1'	1,6767	199	90,7186
Op. Art 2'	1,1264		
Nark. Art 3'	6,6376		

Akt. Bik. venös m val / I

Mittelwerte mit Standardabweichungen

	Bauch -Op. NLA	Bauch -Op. Halothan	Lungen -Op. NLA	Lg. -Op. Halothan
1. Entnahme	20,5 ± 3,2	25,2 ± 4,6	20,9 ± 3,7	25,5 ± 3,6
2. Entnahme	23,1 ± 4,2	25,5 ± 4,8	22,4 ± 4,0	26,6 ± 5,7
3. Entnahme	23,1 ± 4,7	26,3 ± 4,4	22,8 ± 4,3	23,4 ± 5,1
4. Entnahme	23,9 ± 7,6	27,8 ± 3,9	22,3 ± 3,9	23,3 ± 3,7
5. Entnahme	24,9 ± 2,9	27,2 ± 2,3	23,8 ± 1,6	25,8 ± 3,8
Summe der Mittelwerte	23,1 ± 4,5	26,4 ± 4,0	22,4 ± 3,5	24,9 ± 4,4

Varianzanalyse

Variationsursache	F - Wert	Freiheitsgrade	Summe d. Abweichungen
Entnahmezeit 1'	2,2354	199	140,5649
Op. Art 2'	4,0684		
Nark. Art 3'	27,6224		

Tabelle 10: Mittelwerte mit Standardabweichungen, sowie die Varianzanalyse der Mittelwerte der vier untersuchten Gruppen des arteriellen und hirnvenösen aktuellen Bikarbonatgehalt. Die statist. Signifikanz der Irrtumswahrscheinlichkeit (F-Wert) wird mit einem bis drei Sternchen gekennzeichnet.

Mittelwerte mit Standardabweichungen

	Bauch -Op. NLA	Bauch -Op. in Halothan	Lungen -Op. NLA	Lg. -Op. in Halothan
1. Entnahme	22,4 ± 2,7	27,3 ± 5,1	22,4 ± 3,6	25,0 ± 3,4
2. Entnahme	24,0 ± 4,2	25,1 ± 4,0	23,8 ± 3,1	23,3 ± 3,7
3. Entnahme	23,1 ± 4,2	24,6 ± 3,8	25,1 ± 2,4	24,6 ± 3,8
4. Entnahme	22,6 ± 5,8	25,5 ± 4,0	25,3 ± 2,8	23,8 ± 3,7
5. Entnahme	26,4 ± 2,8	26,8 ± 2,8	24,1 ± 1,0	24,6 ± 3,4
Summe der Mittelwerte	23,7 ± 3,66	25,86 ± 3,95	24,1 ± 2,6	24,2 ± 3,6

Varianzanalyse

Variationsursache	F - Wert	Freiheitsgrade	Summe d. Abweichungen
Entnahmezeit 1'	0,9280	199	909,3167
Op. Art 2'	1,8925		
Narkose Art 3'	1,9000		

Mittelwerte mit Standardabweichungen

	Bauch -Op. NLA	Bauch -Op. in Halothan	Lungen -Op. NLA	Lg. -Op. in Halothan
1. Entnahme	21,6 ± 3,5	25,0 ± 2,7	21,4 ± 3,3	25,9 ± 2,5
2. Entnahme	23,9 ± 3,2	24,3 ± 3,8	22,3 ± 3,3	23,8 ± 4,1
3. Entnahme	24,6 ± 4,3	25,4 ± 3,6	23,4 ± 3,3	23,2 ± 4,4
4. Entnahme	23,3 ± 4,9	27,2 ± 4,0	24,0 ± 2,6	23,8 ± 4,5
5. Entnahme	25,8 ± 2,6	28,3 ± 2,5	23,9 ± 1,7	25,5 ± 3,0
Summe der Mittelwerte	23,8 ± 3,7	26,04 ± 3,3	23,0 ± 2,8	24,4 ± 3,7

Varianzanalyse

Variationsursache	F - Wert	Freiheitsgrade	Summe d. Abweichungen
Entnahmezeit 1'	3,4545	199	156,0811
Op. Art 2'	6,8171		
Narkose Art 3'	16,4711		

Tabelle 11: Mittelwerte mit Standardabweichungen, sowie die Varianzanalyse der Mittelwerte der vier untersuchten Gruppen des arteriellen und kirmvenösen Standard-bikarbonatgehalt. Die statist. Signifikanz der Irrtumswahrscheinlichkeit (F-Wert) wird mit einem bis drei Sternchen gekennzeichnet.

L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

A c h e l i s , H. :

Säurebasenhaushalt und Operationsgefährdung.

Narkose und Anaesthesia (1928), 541-566

----- : Leberschädigung und Narkosegefährdung.

Zbl. Chir. 56, (1929), 2454

A l b e r s , C. :

Pers. Mitteilung.

----- : Die ventilatorische Kontrolle des Säurebasengleichgewichts
in Hypothermie.

Anaesthesist 11, (1962), 43

A l d e r , A. :

Erfahrungen mit der Neuroleptanalgesie.

Anaesthesist 10, (1961) 321

A n t h o n y , A. J. :

Funktionsprüfung der Atmung.

Joh. Ambr. Barth, Leipzig, (1937)

A r n d t , H., H. B r ü c k , D. W. L ü b b e r s und A. H. J. M a a s :

Untersuchungen zur Stabilität, Empfindlichkeit und Linearität der CO₂-Elektrode.

Pflüg. Arch. ges. Physiol. 288, (1962), 282

A s t r u p , P. :

A simple electrometric technique for the determination of carbon dioxide tension in blood and plasma and bicarbonate content in "separated" plasma at a fixed carbon dioxide tension (40 mm hg).

Scand. J. Clin. Lab. Invest. 8, (56), 33

Astrup, P. :

Ultramicro methods for determining pH, pCO_2 , in standard bicarbonate in capillary blood.

In: Symposium on Blood Gas and pH Measurements.

Ed. by R. Woolmer, J. u. A. Churchill ltd., London 1959, p. 99

Baldwin, E. F., de, A. Cournand, D. W. Richards :

Pulmonary insufficiency. Physiological classification, clinical methods of analysis, standard values in normal subjects.

Medicine (Baltimore) 28, (1949), 201

Bartels, H., E. Bächerl, C. W. Hertz, G. Rodewald und M. Schwab :

Lungenfunktionsprüfungen, Methoden und Beispiele klin. Anwendung.

Springer, Berlin, Göttingen, Heidelberg (1959)

Bartels, H., R. Beer, E. Fleischer, H. J. Hoffheinz, J. Krall, J. Rodewald, J. Wenner und H. Witt :

Bestimmung von Kurzschlußdurchblutung und Diffusionskapazität der Lunge bei Gesunden und Lungenkranken.

Pflug. Arch. ges. Physiol. 261, (1955) 99

Barth, H. und H. L'Allemand :

Erfahrungen m.d. NLA bei neurochirurgischen Eingriffen.

Anaesthesist 14, (1965) 269

Beaton, A. C. :

Fluothane and hypotension in cats.

Canad. Anaesth. Soc. J. 6, (1959) 13

Böhmer, F. und H. Osten :

Untersuchungen über die postop. Ventilation nach Eingriffen in NLA.

In: Die Neuroleptanalgesie, herausgeg. v. W. Henschel, Springer, Berlin, Heidelberg, New York.

Schriftenreihe Anaesthesie und Wiederbelebung S. 90.

B r e m e r Symposium Über die NLA :

Die N L A

Herausgeg. v. W. Henschel, Springer, Berlin, Heidelberg,
New York.

Schriftenreihe Anaesthesie und Wiederbelebung 1966.

Neuroleptanalgesie, Klinik und Fortschritte

Herausgeg. v. W. Henschel, Schattauer, Stuttgart 1967.

B u h r , J. und W. H e n s c h e l :

Kreislaufuntersuchungen während der NLA.

In: Die Neuroleptanalgesie, herausgeg. v. W. Henschel;
Springer, Berlin, Heidelberg, New York

Schriftenreihe Anaesthesie und Wiederbelebung 1966, S. 53

B u n k e r , J. P. :

Metabolic acidosis during Anaesthesia and Surgery.

Anaesthesiology 23, (1962) 1

B ü h l m a n n , A., G. H o s s l i und A. H u n z i c k e r :

Respiratorische Azidose und Kreislauf mit bes. Berücksichtigung
d. Gehirnkreislaufs.

Schweiz. med. Wschr. 90, (1960), 7

B ü r g e r , M. :

Altern und Krankheit

Thieme, Leipzig VI. Auflage

C l a r k , L. C., R. W o l f , D. G r a n g e r and Z. T a y l o r :

Continuous Recording of Blood Oxygen Tension by Polarography.

J. appl. Physiol. 3, (1953), 189

C l a r k , L. C. :

Monitor and Control of Blood and Tissue Oxygen Tensions.

Trans. Amer. Soc. Art. Int. Organs 2, (1956), 41

Clark, L. C., S. Kaplan, J. C. Matthews, F. K.
Edwards, J. A. Hilsonworth:

Monitor and Control of Blood Oxygen Tension and pH during
total Body Perfusion.

J. thorac. Surg. 36, (1958), 489

Collip, J. B. and P. L. Backus:

The Alkali Reserve of Blood Plasma, Spinal Fluid and Lymph.

Amer. J. Physiol. 51, (1920), 551

Collip, J. B.:

The Effect of Surgical Anaesthesia on the Reaction of Blood.

Brit. J. Exper. Path. 1, (1920)

De Castro, J. und P. Mundleer:

Neuroleptanalgesie. Auswahl der Präparate. Bedeutung der
Analgesie und Neuroleptie.

Anaesthesist 11, (1962), 10

Dietrich, H. J.:

Über das Verhalten des arteriellen Sauerstoffgehaltes und
das Säurebasengleichgewicht bei chirurgischen Eingriffen.

Inauguraldissertation Giessen 1961

Dripps, R. D. und J. W. Slevringhaus:

General Anaesthesia and Respiration.

Physiol. Rev. 35, (1955), 741

Dudzick, R.:

Über die Wirkung von Halothan, Fentanyl Dehydrobenzperidol
und Propanidid auf den Sauerstoffverbrauch und Coronar-
durchfluß d. Warmblutherzens.

Forschungsberichte des Landes Nordrhein-Westfalen.

Westdeutscher Verlag, Köln und Opladen Nr. 1866, (1967)

Eger, W. und W. Hugin:

Ballistographische Untersuchungen bei Narkosen, bes. z.
Frage der Hypotonie unter Halothan.

Anaesthesist 10, (1961) 38

F a b e l , W. :

Habilitationsschrift , Hannover 1967.

F o h l , Th. und H. E i t e l :

Klin. und exper. Studie über die Inhalationsnarkose mit
Rückatmung.

Klin. Wschr. 8, (1929), 1487

F u ß , H. :

Bedeutung der bei Aethernarkose des Hundes auftretenden
Säuren für das Säurebasengleichgewicht.

Zbl. exper. Med. 73, (1930), 532

F u ß , H. und E. D e r r a :

Über Störungen des Kohlenhydratstoffwechsels und Säurebasen-
haushalt, sowie des Gasaustausches bei Avertinnarkose. Ihre
Beeinflussung durch Sauerstoff- und Kohlensäure-Inhalation.

Klin. Wschr. 11, (1932), 19

F u ß , H. und E. D e r r a :

Der Einfluß der Narcylennarkose auf Kohlenhydratstoffwechsel,
Säurebasenhaushalt und Blutgasaustausch.

Klin. Wschr. 11, (1932), 543

G e m p e r l e , M. und B. G r ü n i n g e r :

Blutgasanalysen nach Neuroleptanalgesien (Typ II).

Anaesthesist 13, (1964), 6

G e m p e r l e , M. :

Pers. Mitteilung.

G e r t z , K. H. und H. H. L o e s c h c k e :

Elektrode zur Bestimmung des CO₂-Drucks.

Naturwissenschaft 45, (1958), 160

G e r t z , K. H. und H. H. L o e s c h c k e :

Eine Methode zur Bestimmung des CO₂-Drucks in Flüssigkeiten
und Gasen.

Pflügers Arch. ges. Physiol. 271, (1960), 431

G l e i c h m a n n , U. und D. W. L ü b b e r s (unter techn. Mitwirkg.
von W. B u r g e r u. W. E s c h w e i l e r) :

Die Messung des Sauerstoffdrucks in Gasen und Flüssigkeiten mit d.
Pt-Elektrode unter bes. Berücksichtigung der Messung im Blut.

Pflüg. Arch. ges. Physiol. 271, (1960), 431

----- : Die Messung d. Kohlensäuredrucks in Gasen und Flüssigkeiten mit d.
pCO₂-Elektrode unter bes. Berücksichtigung d. gleichzeitig.
Messung von pO₂, pCO₂, und pH im Blut.

Pflüg. Arch. ges. Physiol. 271, (1960), 456

G l e i c h m a n n , U., D. W. L ü b b e r s und L. R i n g l e r :

Vergleichende Untersuchungen des Kohlensäuredrucks mit d.
Mikro-pH-Elektrode (Astrup) und der stabilisierten Ganzglas-
pCO₂-Elektrode in Normo- und Hypothermie.

Pflüg. Arch. ges. Physiol. 273, (1961), 190

G l e i c h m a n n , U., B. B o s t r o e n , H. K r e u z e r , B.
L ö h r :

Sekundärer Aldosteronismus nach Operationen mit der Herz-Lungen-
maschine und seine Beeinflussung durch Aldactone.

Anaesthesist 14, (1966), 364

G r a b o w , L. :

Unveröffentlichte Untersuchungen.

G r a b o w , L. u. U. J. W a s s n e r :

Zur Frage der Zuverlässigkeit von präoperativen Vorhersagen
für die postoperativ verbleibende Lungenfunktion.

Beitr. Klin. Tbk. 256, (1963), 112

G r a b o w , L. u. H. L ' A l l e m a n d :

Vergleichende Untersuchungen zwischen Halothannarkose und Neuro-
leptanalgesien bei thoraxchirurg, Eingriffen.

Anaesthesist 13, (1964), 220

G r a b o w , L. :

Zur Durchführung von Blutgasanalysen in Normo- und Hypothermien.

Anaesthesist 14, (1965), 38

G r a b o w , L. :

Eine neuartige Elektrodenanordnung für die Blutgasanalyse.
Thoraxchirurgie 14, (1966), 79

G r a b o w , L. und H. L' A l l e m a n d :

Die Anwendung der NLA in der Herzchirurgie.
Anaesthesie und Wiederbelebg., Springer, Berlin, Heidelberg,
New York, 18, (1966), 72

G r a b o w , L. und H. L' A l l e m a n d :

Zum Verhalten der art. Blutgase unter Halothannarkose und
Neuroleptanalgesie.

In: Die Neuroleptanalgesie.
Schriftenreihe Anaesthesie und Wiederbelebg., herausgeg. v.
W. Henschel, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 1966, S. 99

G r a b o w , L. :

Säurebasengleichgewicht im arteriellen Blut und im Liquor
cerebrospinalis I. u. II. Mitteilung.

Anaesthesist 16, (1967) 337 und 341

G r a b o w , L. und H. L' A l l e m a n d :

Beobachtungen bei der Anwendung der Neuroleptanalgesie in der
Chirurgie des Herzens.

In: Neuroleptanalgesie, Klinik und Fortschritte. Herausgeg.
v. W. Henschel, Schattauer, Stuttgart 1967, S. 77

G r a b o w , L. und H. L' A l l e m a n d :

Vortrag: The Influence of different Surgical Treatment and
Anesthesia on arterial and train Venous Blood Gases in eldered
Patients.

Symposium Anesthesia Vigile et Subvigile. Oostende 1969

G r a b o w , L., W. B u s c h , L. Z e l i n k a u. R. L e i c h n e r :

Hirnfunktion alter Menschen unter dem Einfluß von Narkose und
Operation.

Vortrag 62, VII. Gemeinsamer Kongreß der Schweizer Ges. f.
Anaesthesiologie u. Wiederbelebung, der Oesterreichisch. Ges.
f. Anaesthesiol. und Reanimation u. d. Dtsch. Ges. f. Anaesthesie
und Wiederbelebung. Saarbrücken 1969

Grabow, L., L. Zelinka, R. Leichner, W. Schlemmer, G. Kis:

Vergleichende Untersuchungen verschiedener Narkoseformen.

In Vorbereitung

Grabow, L., L. Zelinka u. R. Leichner:

Vergleichende blutgasanalytische atemmechanische und physiol. Untersuchungen zwischen Halothannarkosen und Neuroleptanalgesien bei chirurgischen Eingriffen an alten Patienten.

In Vorbereitung

Green, K. G.:

Neuere Untersuchungen über die Halothannarkose.

Anaesthesist 8, (1959), 198

Greene, N. M.:

Halothane

Schriftenreihe Clinical Anaesthesia 1, (1968), Blachwell Scientific. Publ. Oxford

Gusterson, F. R.:

Halothan im geschlossenen System.

Anaesthesist 8, (1959), 289

Hastings, A. B. and J. Sendroy jr.:

The Effect of Variation in ionic Strength on the apparent first and seconds Dissociation Constant of carbonic Acid.

J. Biol. Chem. 65, (1925), 445

-----: Studies of Acidosis. XX The Calorimetric Determination of Blood pH at Body Temperature without Buffer Standards.

J. Biol. Chem. 61, (1924), 695

Henschel, W.:

Die Entwicklung d. Neuroleptanalgesie bis zu ihrer heutigen Stellung in der Anaesthesie.

In: Die Neuroleptanalgesie, herausgeg. v. W. Henschel, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, Schriftenreihe Anaesthesie und Wiederbeleb., 1966, S. 2

H e n s c h e l , W. :

Ventilatorische und "effektive" respiratorische Funktion nach
kollapstherapeutischen Eingriffen.

Thoraxchirurgie 2, (1954), 216

H e r t z , C. W. :

Ein gleitender Standard für den Atemgrenzwert.

Verh. Dtsch. Ges. inn. Med. 62, (1956), 135

H e y d r o v s k y , J. :

Polarographisches Praktikum.

Springer, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1948

J a n s e n , P. :

Zur Chemie morphinartiger Körper.

Anaesthesist 11, (1962), 1

K e t y , S. S. and C. F. S c h m i d t :

The effects of activ and passive hyperventilation on cerebral
blood flow, cerebral oxygen consumption, cardiac output and
blood pressure of normal young men.

J. Clin. Invest. 25, (1946), 107

----- : The effects of altered arterial Tensions of carbon dioxide and
oxygen on cerebral blood flow and cerebral oxygen consumption
of normal young men.

J. Clin. Invest. 27, (1948), 484

K o l t h o f f , H. M. und J. H. L i n g a n e :

Polarography.

'Vol. I New York Interscience Publ. Co. 1952

K r e u s c h e r , H. :

Die Hirndurchblutung unter Neuroleptanalgesie.

Springer, Berlin, Heidelberg, New York;

Schriftenreihe Anaesthesie und Wiederbelebung 1967

L a b o r i t , H. et P. H u g u e n a r d :

L'hibernation artificielle par moyens dynamiques et physiques
en chirurgie.

J. Chir. (Paris) 67, (1951), 631

L e n n a r t z , H. :

Die Neuroleptanalgesie in der Kieferchirurgie.

Dtsch. Zahn-,Mund- und Kieferheilkunde 44, (1965), 353

L e u s e n , J. R. :

Chemosensitivity of the Respiratory Center ; Influence of CO_2 in the cerebral ventricles on respiration.

Amer. J. Physiol. 176, (1954), 39

----- : Chemosensitivity of the Respiratory Center; Influence of Changes in the H^+ and total Buffer Concentrations in the cerebral Ventricles on Respiration.

Amer. J. Physiol. 176, (1954), 45

----- : Acid-base Equilibrium between Blood and cerebrospinal Fluid.

Amer. J. Physiol. 176, (1954), 513

----- : Aspects of Acid-base Balance between Blood and cerebrospinal Fluid.

In : Cerebrospinal Fluid and the Regulation of the Ventilation.
Ed. by Ch. McM. Brookx, F. F. Kao, B. B. Lloyd. Blackwell,
Oxford 1965, p. 55

L l a u r a d o : . J. G. :

Increased Excretion of Aldosterone Immediately after Operation.

Lancet II, 1955 : 1295 - 1298

----- : Über den Gasaustausch in der Lunge.

Klin. Wschr. 32, (1954), 145

L o e s c h c k e , H. H. :

Über den Einfluß von CO_2 auf die Bestandspotentiale der Hirnhaut.

Pflug. Arch. ges. Physiol. 262, (1956), 532

L o e s c h c k e , H. H., H. P. K o e p c h e n und K. H. G e r t z :

Über den Einfluß von H^+ -Ionenkonzentrationen und CO_2 -Druck im Liquor cerebrospinalis auf die Atmung.

Pflug. Arch. ges. Physiol. 266, (1958), 569

Long, J. P. and C. B. Pittinger:

Laboratory investigations on the cardiovascular and respiratory effects of Fluothane.

Anesthesiology 19, (1958), 106

Lubbers, D. W. und U. Arndt:

Unveröffentlichte Untersuchungen.

Lubbers, D. W.,:

In: A Symposium on Oxygen Measurements in Blood and Tissue and their Significance.

Ed. by J. P. Payne and D. W. Hill; J. u. A. Churchill Ltd., London (1966), p. 72

Lunn, I. N. and W. W. Napleson:

Severinghaus $p\text{CO}_2$ -electrode: Theoretical and experimental assessment.

Brit. J. Anaesth. 35, (1963), 666

Marret, H. R.:

Die Technik der Halothan-Anwendung.

Anaesthesist 10, (1961), 37

Meyer, J. S., J. C. Wiederholt, M. Toyoda, T. Ryn, Y. Shinohara and B. Guirand:

A new method for continuous sampling of cerebral venous blood without extracranial contamination: Bilateral transbrachial catheterization of cerebral venous sinuses.

Neurolog. 19, (1969), 353

Nielson, E.:

Erfahrungen mit d. Neuroleptanalgesie.

Anaesthesist 11, (1962), 17

Pappenheimer, J. R.:

Ion Transport between Blood, Cerebrospinal Fluid and Brain.

In: Cerebrospinal Fluid and the Regulation of Ventilation.

Ed. by McC. Brooks, F. F. Kao and B. B. Lloyd. Blackwell, Oxford 1965, p. 43

P e t e r s , J. P. und D. D. Van S l y k e :

Analysen von Gasgemischen. Gasometrische Methoden zur Analyse von Blut und anderen Lösungen.

In : Abderhaldens Handbuch d. physiol. Arbeitsmethoden. Bd. V (10/1) S. 113 u. 203, (1938)

R a v e n t o s , J. :

Action of Fluothane. A new volatile Anesthetic.

Brit. J. Pharmacol. 11, (1956), 394

R e i f e r s c h e i d t , M. :

Neue Gesichtspunkte zum Dynamischen Ileus.

Langenbecks Arch. klin. Chir. 308, (1964), 191

R o e n n e f a h r t , K. W. :

Die elektrometrische pH-Messung.

GIT, Fachzeitschrift f. d. Laboratorium (1966), S. 73-84,
Hoppenstedt Wirtschaftsverlag Darmstadt

S a n z , M., zit. nach K r a t z :

Die Glaselektrode und ihre Anwendung.

Steinkopf-Verlag, Dresden (1952), S. 102

S c h u l t i s , K. u. H. L' A l l e m a n d :

Zur Ernährung Tetanuskranker.

Anaesthesist 17, (1968), 16

S c h w a b , M. und H. W i s s e r :

Zur Methodik d. Blut-pH-Messung.

Klin. Wschr. 40, (1962), 713

S e v e r i n g h a u s , J. W., M. S t u p f e l and A. F. B r a d l y :

Variations of Serum Carbonic Acid pK' with pH and Temperature.

J. Appl. Physiol. 8, (1956), 189

----- : Accuracy of Blood pH and pCO_2 -Determination.

J. Appl. Physiol. 8, (1956), 198

Severinghaus, J. W., M. Stuefel and A. F. Bradley:

Alveolar dead space and arterial to end-tidal Carbon dioxide differences during hypothermia in dog and men.

J. Appl. Physiol. 10, (1957), 349

Severinghaus, J. W., and A. F. Bradley:

Electrodes for blood pO_2 and pCO_2 determinations.

J. Appl. Physiol. 13, (1958), 515

----- : Recent Developments in pO_2 and pCO_2 -Electrodes.

Postgraduate Course, IX Congress Scand. Soc. Anesth. Aarhus 1962

----- and K. A. Mitchell:

Evidence for active transport regulation of cerebrospinal fluid pH and its effect on the regulation of ventilation.

J. Clin. Invest. 42, (1963), 977

Severinghaus, J. W. and S. C. Cullen:

Depression of the Myocardium and total body oxygen consumption by Fluothane anesthesia in men.

Anesthesiology 19, (1958), 113

Severinghaus, J. W. and C. L. Corson:

Respiration in Anesthesia.

In: Handbook of Physiology., Respiration. Vol. II. Ed. by W. Fenn, H. Rahn. Washington D. C. Amer. Physiol. Soc. (1965), p. 1219

Siggard-Andersen, O., K. Engel, K. Jørgensen and P. Astrup:

A micro method for determination of pH, carbon dioxide tension, base excess and standard bicarbonate in capillary blood.

Scand. J. Clin. Lab. Invest. 12, (1960), 172

Siggard-Andersen, O.:

Factors affecting the liquid junction potential in electrometric blood pH-measurements.

Scand. J. Clin. Lab. Invest. 13, (1961), 205

S i g g a a r d - A n d e r s e n , O. :

The pH-log $p\text{CO}_2$ Blood Acid Base Nomogram Revised.
Scand. J. Clin. Lab. Invest. 14, (1962), 6

S h o e m a k e r , W. C. :

Schock, Chemistry, physiology and therapy.
Thomas, Springfield/Ill. (1967)

S o m m e r k a m p , H. :

Metabolische Alkalosen als Problem bei chirurg. Patienten.
Bruns Beitr. 209, (1964), 483

S t o w , R. W. and B. F. R a n d a l l :

Electrical Measurements of the $p\text{CO}_2$ of Blood.
Amer. J. Physiol. 179, (1954), 678

S t o w , R. W., R. F. B a e r and B. F. R a n d a l l :

Rapid Measurements of the Tension of Carbon Dioxide in Blood.
Arch. Physiol. Med. 38, (1957), 646

S c h m i d t , K. :

Vergleichende Untersuchungen über die Wirkung d. Barbiturat-Lachgasnarkose und d. komb. NLA auf d. Hämodynamik.

In : Die Neuroleptanalgesie, herausgeg. von W. Henschel,
Springer Berlin, Heidelberg, New York,
Schriftenreihe Anaesthesie und Wiederbelebung. (1966), S. 79

S u c k l i n g , C. W. :

Some chemical and physical factors in the development of fluothane.

Brit. J. Anaesth. 29, (1957), 466

T a r r o w , A. B. :

Übersicht über d. Halothan.

Anaesthesist 10, (1961), 146

T h a u e r , R. :

Kreislauf in Narkose und Hypothermie.

Verh. Dtsch. Ges. f. Kreislaufforschung 23. Tagung.
Dietrich Steinkopf, Darmstadt (1957)

T h e w s , G. :

Ein Nomogram zur einfachen Bestimmung des O_2 -Diffusionsfaktors
und der CO_2 -Diffusionskapazität der Lunge.

Pflüg. Arch. ges. Physiol. 268, (1958/59), 281

T h r o w e r , W. B., T. B. D a r b y , E. E. A l d i n g e r and
J. H. S p r o u s e :

Effects of Halothane on ventricular contractile force in the
human dog.

Fed. Proc. 19, (1960), 274

U l l m e r , W. F. und G. R e i c h e l t :

Untersuchungen über die Altersabhängigkeit d. alv. und art.
Sauerstoff- und Kohlensäuredrucke.

Klin. Wschr. 41, (1963), 1

V o u r , C. G. :

Die Halothannarkose.

Anaesthesist 7, (1958), 365

W e n t h e , F. M., R. T. P a t r i c and E. A. W o o d :

Effects of Anaesthesia with Halothane on the human Circulation.

Anesth. Analg. Current Res. 41, (1962), 381

W i e m e r s , K. :

Klin. Erfahrungen mit d. Inhalationsnarkotikum Halothan.

Anaesthesist 8, (1959), 167

W i l d h i r t , E. :

Neue Beobachtungen zur Genese d. Leberkomas, bes. nach porto-
cavalen Shuntoperation. Leber, Haut und Skelett.

3. Lebertagung d. Sozialmediziner Bad Mergentheim (1963);
Thieme Stuttgart (1964), S. 240

W o i t o w i t z , H. J. und R. H. W o i t o w i t z :

Zum Streubereich d. arteriellen Blutgaswerte lungengesunder,
berufstätiger Männer und Frauen vor und während dosierter Ergo-
meterbelastung.

Med. Klinik 8, (1970), 349

Z i n d l e r , M . , S . E u n i c k e u . P . S a t t e r :

Neuroleptanalgesie for the surgical correction of mitral stenosis.

III. Congr. munial. anaesthesiol Sao Paulo (1964), III, 1570

Verzeichnis der gebrauchten Abkürzungen und Symbole

pO_2	= Sauerstoffpartialdruck (mm Hg)
pCO_2	= Kohlensäurepartialdruck (mm Hg)
pH	= Ausdruck der Reaktionslage des Blutes zum elektrischen Neutralpunkt; ursprünglich von SÖRENSEN als negativer dekadischer Logarithmus der H^+ Konzentration definiert.
VTmax	= Vitalkapazität
Vvent max	= Atemgrenzwert
VT max/sec	= Sekundenkapazität
Vpul min	= Residualvolumen
RAV	= Rückatmungsversuch
α	= Löslichkeitskoeffizient (m mol/l Plasma/mm Hg)
pK'	= scheinbare 1. Dissoziationskonstante der Kohlensäure
T	= Totraum
V	= Volumen
E	= Entnahme Flüssigkeit
pG	= Luftdruck
pT	= Luftdruck im Totraum
mm Hg	= Millimeter Quecksilber
F-Wert	= Wahrscheinlichkeitsverteilung
Freiheitsgrade	= Anzahl der Werte einer Menge von Beobachtungen, die innerhalb eines definierten Systems linear unabhängig und frei gewählt werden können.
CSF	= Cerebrospinalflüssigkeit, liquor cerebrospinalis

Foto-Druck

Chemoprint oHG.

Gießen